Aus der Chirurgischen Abteilung, Leiter: Prof. Dr. med. H. Mathis,
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. dent. E. Harndt

EINE KRITISCHE BETRACHTUNG DER RÖNTGENOLOGISCHEN LOKALISATIONSMETHODEN IN DER ZAHNHEILKUNDE

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Christel Köhnke
aus Berlin

1961

Druck:

Ernst - Reuter - Gesellschaft
der Förderer und Freunde der Freien Universität e.V.

Dissertations - Druckstelle

Berlin-Dahlem, Garystr. 45, Tel.: 76 52 61, App. 668

Aus der Chirurgischen Abteilung, Leiter: Prof. Dr. med. H. Mathis,
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. dent. E. Harndt

EINE KRITISCHE BETRACHTUNG DER RÖNTGENOLOGISCHEN LOKALISATIONSMETHODEN IN DER ZAHNHEILKUNDE

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Christel Köhnke
aus Berlin

Dekan: Professor Dr. med. Helmut Selbach
Referent: Professor Dr. med. Hermann Mathis
Korreferent: Professor Dr. med. Dr. med. dent. E. Harndt

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 13. 3. 1961

INHALTSÜBERSICHT

EINLEITUNG

I. TEIL:

1. Einige Lokalisationsmethoden
2. Periodisch-identische Zahnröntgenaufnahmen
3. Eine meßbare Lagebestimmung

II. TEIL:

1. Versuchsanordnung
2. Kasuistik
3. Grenzen und Möglichkeiten

DISKUSSION

ZUSAMMENFASSUNG

SCHRIFTTUM

EINLEITUNG

Die röntgenologische Ortsbestimmung ist längst zu einem nicht mehr wegzudenkenden Bestandteil des diagnostischen Untersuchungsablaufes in der Zahnheilkunde geworden.

Bedenkt man, wie viele Fragestellungen erst über den Weg der Lokalisation im Röntgenogramm beantwortet werden können, dann muß es überraschen, wie wenig von den so überaus zahlreich empfohlenen Methoden in der Praxis Gebrauch gemacht wird. Es kann nicht einmal geltend gemacht werden, daß der Zeitaufwand zu groß sei, da es genug Methoden gibt, die für den Praktiker anwendbar sind, zumal bei einer einfachen Arbeitsweise ausreichend genaue Lokalisationsergebnisse zu erwarten sind.

Es war von jeher das Bestreben, zu einer meßbar genauen Ortsbestimmung zu gelangen.

In letzter Zeit hat die Raumorientierung auf Grund stereoskopischer Bildpaare für klinische Untersuchungszwecke neue Impulse erhalten. Die objektive Stereoskopie bedarf aber kostspieliger Apparaturen, und aus diesem Grunde ist es nicht verwunderlich, wenn die Bemühungen stets darauf abgezielt waren, auf anderem Wege ähnlich wertvolle Orientierungsmöglichkeiten zu gewinnen.

In unserer Klinik wird seit nunmehr zwei Jahren ein Lokalisationsverfahren angewendet, welches die vorher beschriebenen an Genauigkeit nicht nur deutlich übertrifft, sondern darüber hinaus geeignet erscheint, die Lokalisation mittels stereoskopischer Bildpaare für die meisten zahnärztlichen Fragestellungen entbehrlich zu machen.

Ob es möglich ist, auf diesem Wege "meßbar genaue Werte" für die Lageorientierung zu gewinnen, galt es auf Grund dieser Arbeit, in welcher die Ergebnisse nach ausreichender praktischer Erprobung und nach vergleichender Betrachtung des röntgenologischen Befundes und des klinischen Operationsergebnisses mitgeteilt und diskutiert werden, zu einer Klärung zu führen.

Ferner kam es darauf an, die dem Verfahren gesetzten röntgendiagnostischen Grenzen zu erarbeiten und Vorschläge für die Ausweitung der gegebenen Möglichkeiten zu unterbreiten.

Dazu ist es erforderlich, die geeigneten bisherigen Verfahren hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit zu überprüfen, die Vorzüge des Lokalisationsverfahrens nach Hielscher darzulegen und die noch bestehenden Mängel zu zeigen, denn nur auf diesem Wege wird sich der Ansatzpunkt für Verbesserungsvorschläge finden lassen.

I. TEIL

1. Einige Lokalisationsmethoden

In Anbetracht der großen klinischen Bedeutung des Problems, das die röntgenologische Lagebestimmung darstellt, erscheint es notwendig, die verschiedenen in Betracht kommenden Verfahrensweisen kurz zu erwähnen.

Bei Durchsicht der einschlägigen Literatur ergab sich, daß die von den Autoren vorgeschlagenen Verfahren sich im wesentlichen hinsichtlich ihrer Genauigkeit unterscheiden.

Es können alle diejenigen Angaben, die sich ausschließlich auf Orientierungshilfen beziehen, zu einer Gruppe zusammengefaßt werden, der die Gruppe der verschiedenen Lokalisationsmethoden gegenübersteht.

Routinemäßig angefertigte, einzelne Röntgenbilder, die entweder bei schräg eingelegten Filmen und apikaler Einstellung oder aber bei parallel zu den Zahnachsen aufgestelltem Film und senkrechter Strahlenführung erhalten worden sind, können nur ungefähren Aufschluß über die Lagebeziehungen in mesio-distaler und cranio-caudaler Richtung geben, wobei der zuletzt genannten Aufnahmetechnik insofern der Vorzug zu geben ist, als infolge der einfachen Projektionssituation die gedankliche Rekonstruktion des Strahlenganges und die Interpretation des Röntgenbildes wesentlich erleichtert werden. Jedoch kommt ihnen nur die Bedeutung von Übersichtsaufnahmen zu, da auch mit Hilfe der immer vorauszusetzenden genauen anatomischen Kenntnisse aus dem 2-dimensionalen Röntgenbild kein Aufschluß über die räumliche Situation gewonnen werden kann.

Aus diesem Grunde sind auch zur reinen Übersichtsgewinnung stets mehrere Aufnahmen erforderlich.

Die Ortsbestimmung mittels senkrecht zueinander geführter Projektionen zählt zu den ältesten und einfachsten Lokalisationsverfahren. Zu der Rechtwinkelaufnahme tritt ergänzend eine Aufbißaufnahme, welche die Lageorientierung in vestibulo-oraler Ebene ermöglicht. Diese Kombination erweist sich vorwiegend im Unterkiefer als zweckmäßig, während ihre Durchführung im Oberkiefer, besonders bei flachem Gaumen, häufig auf Schwierigkeiten stößt. Die bei axialen Aufnahmen nicht selten auftretenden Überlagerungen und die Objektverschiebungen, die einmal infolge der Divergenz der Strahlen, und zum anderen auch dann auftreten, wenn der Achsenstrahl nicht durch das Lokalisationsobjekt verläuft, bilden eine Einschränkung der Genauigkeit und damit des Anwendungsbereiches dieser Methode.

Eine andere Gruppe von Lokalisationsverfahren beruht auf den Gesetzmäßigkeiten der Parallaxe. Bei mehreren Aufnahmen aus verschiedenen vertikalen oder horizontalen Einstellungswinkeln wandern die filmfernen Objekte stärker in der Strahlenrichtung als die filmnahen. Wird die pa-

rallaktische Wanderung eines Lokalisationsobjektes zu derjenigen nahegelegener Anteile, wie Wurzelspitzen oder Kronenpunkte von Nachbarzähnen in Beziehung gesetzt, so läßt sich aus dem Vergleich des Verschiebungsgrades ersehen, ob das Lokalisationsobjekt filmferner, also vestibulär der Zahnreihe, oder oral von dieser bzw. filmnäher gelegen ist. Diese Art der Lageermittlung ist nur von relativem Wert, da sie sich aus dem Vergleich der Distanzänderungen ergibt. Sie kommt der Wirklichkeit um so näher, je mehr Bezugspunkte aus der näheren Umgebung des Objektes mit einbezogen werden können.

In Abhängigkeit von der Fragestellung werden wechselnde Winkeleinstellungen in der Vertikal- oder Horizontalebene zur Anwendung gelangen.

So läßt sich die bucco-linguale Lage des unteren Weisheitszahnes zum hinteren Abschnitt der Zahnreihe des Unterkiefers besser mit der Winkelvariation in der Horizontalebene ablesen, weil die Darstellung der Occlusalfläche, d.h. die Distanz von der buccalen zur lingualen Kronenkante, fast gleich bleibt und deshalb die aus der wechselhaften Abzeichnung dieser Einzelheiten sich ergebenden Interpretationsirrtümer nicht auftreten können. Außerdem sind die Überlagerungsschatten, die im Röntgenbild als schmale oder kräftige Spindelköper auffindbar sind, ein überaus deutliches Zeichen für die Kronenlage.

Es steht außer Zweifel, daß die Kombination von Projektionen in der Vertikal- und Horizontalebene die zuverlässigsten Orientierungsergebnisse zeitigt. Dabei wird beispielsweise die dritte Aufnahme mit einer exzentrischen Einstellung die beiden Projektionen in der Vertikalebene ergänzen und somit den Lokalisationsbefund bestätigen oder verwerfen. Damit wird die Lokalisation einer Kontrolle unterzogen.

Bei eindeutigen Befunden besteht keinerlei Veranlassung, die Aufnahmezahl zu erhöhen. Davon sollte nur in Ausnahmefällen Gebrauch gemacht werden, weil wegen der Strahlenbelastung darauf geachtet werden muß, mit möglichst wenig Röntgenaufnahmen auszukommen.

Als letzte Gruppe der Lokalisationsverfahren sei hier die objektive Stereoskopie nur erwähnt. Da zur Erzielung exakter Meßergebnisse an Hand von stereoskopischen Bildpaaren kostspielige Apparate, wie der Stereoskiagraph von Hasselwander (26), erforderlich sind, hat die Stereoskopie in der zahnärztlichen Praxis niemals eine Bedeutung erlangt.

Die Vorzüge dieses Verfahrens sind aber derart deutlich, daß es unbedingt gerechtfertigt erscheint, für klinische Betriebe den Zeit- und Kostenaufwand außer acht zu lassen.

Lokalisationsverfahren nach Dieck:

Dieck glaubt auf Grund der Projektionsgesetzmäßigkeiten Anhaltspunkte für die Lageermittlung zu erhalten. Infolge der Divergenz der Röntgenstrahlen zeichnen sich filmferne Objekte größer und unschärfer ab als gleichgroße filmnahe gelegene. Unter Ausnutzung dieser Tatsache versucht Dieck (17) die Frage der vestibulären oder oralen Lage eines Lokalisationsobjektes zu klären. Unter schräger Strahlenführung

auf einen schräg eingelegten Film wird ein einzelnes Röntgenbild hergestellt, mit dessen Hilfe die Lagebeziehungen eines impaktierten Zahnes zu seinen Nachbarzähnen aus den unterschiedlichen Schattenintensitäten ermittelt werden sollen. Im Modellversuch stellte Dieck fest, daß die Abzeichnungsschärfe zweier im Strahlengang hintereinander gelegener Zähne keine Rückschlüsse darauf zuläßt, welcher der beiden Zähne filmnäher und welcher filmferner gelegen ist, wenn sie miteinander Kontakt haben, und daß sich verwertbare Schärfe- und Größenunterschiede erst zeigen, wenn zwischen den Zähnen eine Distanz von 3/4 cm liegt.

Bei diesem Verfahren wird folglich die Vorstellung von der Größe des Lokalisationsobjektes vorausgesetzt. Da es sich jedoch in der Mehrzahl der Fälle um Objekte handelt, deren Ausmaße uns nicht bekannt sind, und da fernerhin keine Vergleiche - wie bei den verlagerten Zähnen - zu ähnlichen oder gleichen Objekten möglich sind, wird es schwierig sein, auf der Grundlage der Konturenschärfe oder der Schattendichte allein die Raumorientierung vorzunehmen. Solange die Größen sowohl des Lokalisationsobjektes als auch des Bezugsobjektes nicht bekannt sind und der Abstand zu gering ist, ist eine Orientierung über ihre Tiefenlage auf Grund der Konturenschärfe unmöglich.

Lokalisationsmethode nach Scherbel:

Scherbel (62) veröffentlichte 1923 "Eine einfache Meßmethode bei zahnärztlichen Röntgenaufnahmen", mit der er die Festlegung der Film-Objekt-Beziehung anstrebt, und um später diese sowie den Brennfleckstandort rekonstruieren zu können, hat er zu folgenden Hilfsmitteln gegriffen:

Falls in den Pulpenkanal keine Nadel eingeführt werden kann, bedient er sich eines metallischen Quadrates von bestimmter Seitenlänge, das senkrecht zum Achsenstrahl und parallel zu dem gewünschten Zahn, möglichst nahe an diesem und in bekannter Entfernung von einem gegebenen, sichtbaren Punkt in das Vestibulum eingebracht wird. Eine Nadel, die das Quadrat trägt, wird an einem Kork befestigt, dessen anderes Ende eine Einkerbung für den Film aufweist, in die dieser zuvor eingeschoben worden ist. Bei der Einbringung in die Mundhöhle wird sorgfältig darauf geachtet, daß sich der Film nicht verbiegt. Der Kork wird zwischen den Kiefern festgehalten. Die Entfernung des Quadrates (Ansatzpunkt der Nadel) zum Eingang des Zahnkanales wird gemessen. Nach der Aufnahme wird das Ganze vorsichtig aus der Mundhöhle entfernt und die Filmlage genau bezeichnet, damit das Negativ später wieder in die gleiche Stellung gebracht werden kann.

Der Film und Quadrat tragende Kork wird so auf Zeichenpapier gelegt, daß die Filmebene senkrecht auf der Papierebene steht. Werden die Lote vom Kork und dem Quadrat auf das Papier gefällt, so erhält man die Strecken KO und DC. Die Projektion von CD wird auf dem Röntgenbild abgemessen, auf die Filmlinie übertragen und ergibt C_1D_1. Verbindet man D_1 mit D und C_1 mit C, so schneiden sich die Linien im Brennfleck R.

Von der gesuchten Wurzelspitze A ist bekannt, daß sie in einer gemessenen Entfernung a von dem Punkte D des Quadrates liegt. Zu DC wird also eine Parallele in der Entfernung a gezogen, die von der Strecke A_1 R in A geschnitten wird. Ebenso wird B rekonstruiert, und AB ist dann die gesuchte Länge der Wurzel.

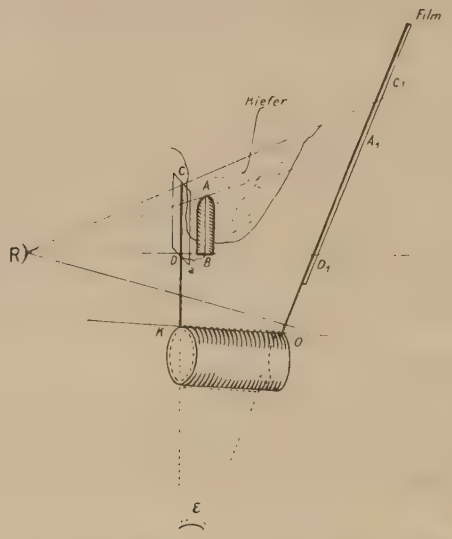

Abb. 1

Scherbel: Bestimmung der Wurzellänge durch "Eine einfache Meßmethode bei zahnärztlichen Röntgenaufnahmen".

CD : Metallquadrat
C_1D_1: dessen Projektion
KO : Kork
A_1 : Bildpunkt der Wurzelspitze
a : Entfernung des Kanaleinganges von D
AB : die gesuchte Wurzellänge
R : der rekonstruierte Brennfleckstandort

Scherbel stellt die Behauptung auf, daß auf diese Weise alle Punkte rekonstruierbar sind, deren Entfernung von dem Metallquadrat bekannt ist.

Hierzu muß festgestellt werden:

AB entspricht dem Gesagten zufolge nur dann der realen Wurzellänge, wenn

1. der Zentralstrahl senkrecht auf die quadratische Marke trifft,
2. die Marke parallel zur Zahnachse steht,
3. die Filmlage unverändert bleibt,
4. der Kork während der Aufnahme genügend fixiert ist.

Es sind keinerlei Hilfsmittel vorgesehen, um ein Zentrieren des Achsenstrahles senkrecht auf das Quadrat zu ermöglichen. Die Einstellung wird nur abgeschätzt. Deshalb ist eine exakte zeichnerische Rekonstruktion der Projektionssituation nicht möglich.

Fernerhin findet sich kein Anhaltspunkt, ob es bei der Einstellung wirklich gelungen ist, die quadratische Marke parallel zur Zahnachse anzubringen. Hierauf beruht die Rekonstruktion! Die in situ gemessene Strecke a gibt nur die Entfernung von einem sichtbaren Punkt der Wurzeloberfläche B zur Marke D an, während nichts über die Lage der Wurzelspitze A ausgesagt wird. Die Parallelität von Marke und Wurzel ist ein Schätzungswert.

Die Anbringung des Filmes am Kork ist recht labil, daher kann eine Verschiebung bei der Herausnahme aus dem Munde leicht auftreten.

Nicht nur der Film und die Marke sind am Kork unzureichend befestigt, sondern auch dieser selbst ist im Munde nicht ausreichend fixiert, so daß eine Lageveränderung nach vollzogener Einstellung und während der Aufnahme immer möglich ist.

Wenn Scherbel abschließend sagt: "Gewiß kann meine Methode nicht alle Schwierigkeiten beseitigen, die sich dem zahnärztlichen Röntgenologen entgegenstellen, aber sie kann ihm unter allen Umständen zeigen, daß eine Verzeichnung vorliegt und die Möglichkeit geben, Größenverhältnisse zu berechnen oder zeichnerisch darzustellen. Auf alle Fälle soll sie eine Anregung sein, auf dem Gebiet der zahnärztlichen Röntgenologie fortzuschreiten." - so muß auf Grund der oben angeführten Überlegungen gesagt werden, daß das vorgestellte Verfahren nicht als eine Methode zur Berechnung von Größenverhältnissen bezeichnet werden kann.

Lokalisationsmethode nach Hauberrisser:

Unter bewußtem Verzicht auf alle arbeitserschwerenden Momente hat Hauberrisser (27) 1926 "Zur röntgenologischen Lagebestimmung dentaler Krankheitsherde und Fremdkörper" eine einfache Methode angegeben, die eine Lageorientierung mit Hilfe folgender Maßnahmen bietet:

Eine nach der Isometrieregel-Methode mit angelegtem Film angefertigte Aufnahme ergibt Bild I, eine zweite Aufnahme mit steiler Strahlenführung auf den in Bißebene gelagerten Film ergibt das stark verkürzte Bild II des betreffenden Zahnes. Die Zahnkonturen werden durch

Pause auf Zeichenpapier übertragen. Aus diesen beiden Abbildungen soll die Lage der Zahnachse und Lage eine "Granulomes" zur Wurzelspitze zeichnerisch rekonstruiert werden. Hierzu wird ein beliebiger Winkel gezeichnet, dessen schräger Schenkel den angelegten Film der ersten Projektion andeuten, und dessen waagerechter Schenkel der Filmlage in Bißebene entsprechen soll. Demnach wird Bild I auf dem schrägen und Bild II auf dem waagerechten Schenkel aufgetragen, und zwar so, daß jeweils der gleiche Kronenpunkt im Scheitelpunkt des Winkels liegt. Nun werden in den Wurzelspitzen beider Bilder die Senkrechten errichtet, in deren Schnittpunkt die reale Wurzelspitze liegen soll. Die Verbindung dieses Schnittpunktes mit dem Scheitelpunkt des Winkels soll die reale Lage der Zahnachse ergeben. Auf die gleiche Weise wird die Lage des Granuloms zur Darstellung gebracht.

Liegt das zu lokalisierende Objekt, in diesem Falle also ein rarefizierender Prozeß, innerhalb des von der Zahnachse und den Winkelschenkeln begrenzten Sektors, so soll hierdurch seine im Vergleich zur Zahnachse palatinale Lage ermittelt sein, liegt das Objekt außerhalb, so ergibt sich daraus seine buccale Lage.

Die Größe des Winkels kann beliebig gewählt werden und soll auf das Ergebnis ohne Einfluß sein. Lediglich die Anlage des Winkels wird variiert: Bei Untersuchungen im rechten Kiefergebiet zeigt die Öffnung des Winkels nach rechts und umgekehrt, bei Aufnahmen im Oberkiefer weist der schräge Schenkel nach oben, bie solchen im Unterkiefer wird er nach unten verlegt.

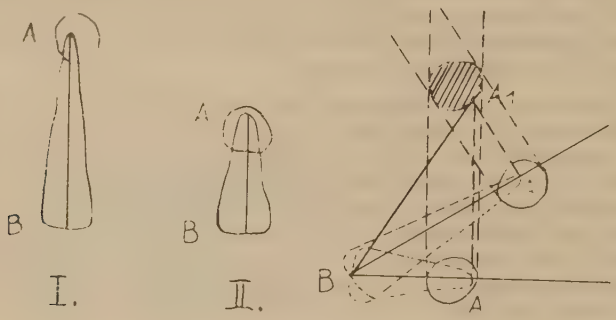

Abb. 2

Zeichnerische Rekonstruktion der Lage eines Granulomes im Vergleich zur Lage der Zahnachse, aus: Hauberrisser, Z. R. Nr. 15/1926, Abb. 1 S. 252.

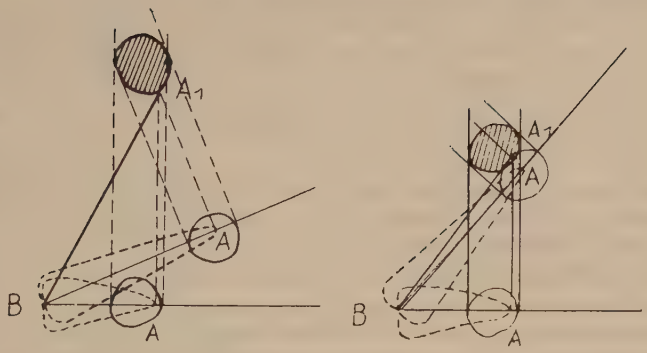

Abb. 3

Rekonstruktion der Projektionssituation mit kleinem und großem Winkel, aus: Hauberrisser, Z. R. Nr. 15/1926, Abb. 2 S. 252

Hauberrisser sagt bei seiner Methode voraus, daß die Winkelgrade am Röhrentubus den Einfallswinkel des Zentralstrahles eindeutig bestimmen.

Er nimmt somit an, daß die Bestimmung des vertikalen Röhrenwinkels das ausschlaggebende Moment für die Fixierung der Projektionssituation bedeute.

Schon hier muß darauf hingewiesen werden, daß es eine Vielzahl von Variationsmöglichkeiten beim Festlegen der Aufnahmesituation geben muß, solange der Zentralstrahlverlauf, die Filmebene und das abzubildende Objekt nicht in eine unabänderliche Beziehung gebracht werden.

Im einzelnen aber ist zu berücksichtigen, daß der Röhrenwinkel selbst bei angenommen rekonstruierbarer Filmlage nicht die Grundlage für die konstruktive Ermittlung des Brennfleckstandortes bilden kann, da bei einfachem Anlegen des Spitztubus an die Wangenfläche des Patienten die Fokus-Objektentfernungen von der Schädelform, Wangendicke und der willkürlichen Anlage des Tubus abhängen.

Dieser Tatsache ist sich Hauberrisser bewußt gewesen, und deshalb wird von ihm die Rekonstruktion an Hand eines angenommenen parallelen Strahlenverlaufes durchgeführt.

Allein daraus kann sich nur ein unbedeutender Fehler bei der Raumorientierung einschleichen.

Andere gesellen sich jedoch hinzu:

Es wird immer wieder im Schrifttum mit Recht darauf hingewiesen, daß die Kopfhaltung eines besonders sorgfältigen Nachprüfung unmittel-

bar vor der Exposition bedarf, weil die Patienten erfahrungsgemäß die Kopflage beim Einbringen des Filmes ändern.

Daraus können mehrere Fehler resultieren. Sie sind jedoch immer noch weniger ausgeprägt als diejenigen, welche sich aus der niemals genau anzugebenden Größe des Winkels zwischen der Film- und der Zahnachsenebene ergeben.

Bei der Betrachtung von vorn läßt sich dieser Winkel höchst ungenau abschätzen; er kann und wird im vorderen, mittleren und hinteren Abschnitt des Filmes, der mit seiner oberen und unteren Anlagefläche dem Gaumen- und Zahnbogen folgt, immer unterschiedlich sein. Dabei soll nicht einmal berücksichtigt werden, daß der durchgebogene Film zu weiteren Fehlerquellen führt.

Die Wahl des von den Filmebenen gebildeten Winkels ist für die zeichnerische Rekonstruktion keineswegs ohne Bedeutung. An Hand der Originalabbildungen kann man sich davon überzeugen, daß in Abhängigkeit von diesem Winkel die Längenmaße der konstruierten Zahnachse und deren mit der Horizontalebene gebildeter Winkel wechseln.

Alle diskutierten Punkte gehören zur kritischen Auseinandersetzung und dürfen ebensowenig unerwähnt bleiben, wie die unverrückbare Tatsache des divergenten Strahlenverlaufs, der bei den Routineaufnahmen unbedingt vernachlässigt werden kann, jedoch bei der zeichnerischen Rekonstruktion der Lokalisationsprojektion im Vordergrund stehen muß, weil alle anderen Fehlerquellen erst auf Grund des divergenten Strahlenverlaufs so deutlich zutage treten.

In einer Zusammenstellung der praxisnahen Lokalisationsmethoden hat Hielscher (31) die sich daraus ergebenden Interpretationsirrtümer dargelegt. Sie sind bisweilen derart zahlreich, daß der Lokalisationsbefund von der wirklichen Situation merklich abweicht und deshalb keine Hilfe für das operative Vorgehen zu geben vermag.

Aber auch ein "angenommener" paralleler Strahlenverlauf würde noch nicht die Vorbedingungen für die Rekonstruktion der Projektionen schaffen. Hauberrisser hat eine bedeutende Fehlerquelle in seinem Verfahren belassen, da er für zwei Aufnahmen zwei verschiedene Filmaufstellungen gewählt hat.

Die Filmlage in der Bißebene bringt insofern einen Vorteil, als sie bei der Einstellung leicht zu kontrollieren und parallel zur Horizontalebene einzurichten ist. Ferner kommt es nicht zu ungewollten Verbiegungen der Filmfläche, weil der Film durch die Occlusalflächen beider Zahnreihen gehalten wird.

Praeger hat die Nachteile des normal eingelegten Filmes für Lokalisationsaufnahmen erkannt und deshalb die Hauberrisser-Methode abgewandelt.

Lokalisationsmethode nach Praeger:

Um unnötige Fehlerquellen des eben besprochenen Verfahrens auszuschalten, schlug Praeger (54) vor, bei beiden Projektionen, die zur Erkennung parallaktischer Verschiebungen notwendig sind, den

Film in die Bißebene zu legen. Bei beiden Aufnahmen soll der Film jeweils parallel zur Horizontalebene liegen. Jedesmal wird der Winkel, welchen die Röhre mit der Horizontalebene bildet, notiert und auf die Rekonstruktionsskizze übertragen. Diese wird so angelegt, daß die Zahnachsen der beiden Abbildungen des betreffenden Zahnes aufeinander liegen. Die korrespondierenden Kronenpunkte müssen sich decken. In der Wurzelspitze des Bildes I ist der Röhrenwinkel der ersten Projektion und in der des Bildes II der Winkel der zweiten Projektion anzutragen.

Im Schnittpunkt der beiden freien Schenkel soll dann die reale Wurzelspitze liegen. Die Verbindung zum Kronenpunkt ergibt nach Praeger die Lage der Zahnachse zur Horizontalebene. Auf gleiche Weise wird die zeichnerische Rekonstruktion des Lokalisationsobjektes vorgenommen.

Mit diesem Verfahren werden die Fehlerquellen bei der Ortsbestimmung merklich herabgesetzt.

Die Einfallswinkel sind zwar nur Annäherungswerte, doch lassen sich die Lagebeziehungen nunmehr in einer ausreichend genauen Darstellung ablesen, so daß den Erfordernissen der täglichen Praxis entsprechend ein empfehlenswertes Lokalisationsverfahren geschaffen worden ist.

Nur darf derartigen Methoden nicht eine "meßbare" Genauigkeit zugesprochen werden, denn dazu fehlen solange alle Voraussetzungen, als man darauf angewiesen ist, die Rekonstruktion auf der Grundlage mehrerer Unbekannter vorzunehmen.

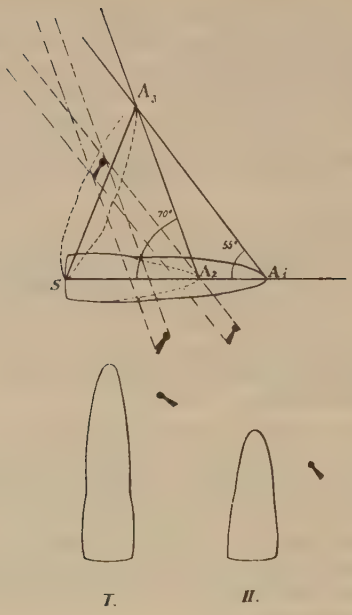

Abb. 4

Zeichnerische Rekonstruktion der Projektionssituation, aus: Praeger, Z. R. Nr. 36/1926, Abb. 11 S. 617

Das Herstellungsverfahren der periodisch-identischen Zahnaufnahmen läßt die Bedingungen für eine meßbare Raumorientierung deutlich werden.

2. Periodisch - identische Zahnröntgenaufnahmen

Zur Herstellung periodisch-identischer Röntgenaufnahmen ist die Reproduzierbarkeit der Projektionssituation erforderlich.

Bei den an unserer Klinik geübten Verfahren handelt es sich im wesentlichen um die eindeutige Festlegung der Beziehungen zwischen Film, Objekt und Focus, wodurch die Wiederholung der Aufnahmesituation unter den gleichen Bedingungen jederzeit gewährleistet ist.

Der von Hielscher (30) entwickelte Filmhalter bietet die Möglichkeit identischer Wiederholungsaufnahmen. Das Gerät ist so konstruiert, daß der Achsenstrahl stets auf den gleichen Punkt der senkrecht zu ihm gestellten Filmebene trifft. Ein Zielstab verbindet den Filmhalter mit dem Tubus, an dem er herausnehmbar befestigt und mit einem Metallring um ihn drehbar ist, so daß die Vorrichtung der jeweiligen Aufnahmesituation im Ober- und Unterkiefer angepaßt werden kann. Um die Fixierung des Objektes zu ermöglichen, ist der Zielstab geteilt. Über sein filmnahes Ende wird eine Abdruckhülse geschoben, die der Aufnahme eines Stentskloßes zur Occlusionsbißnahme dient.

Dieser Filmhalter ermöglicht die Herstellung situationsgleicher Aufnahmen, weil:

1. Film und Focus in eine feste Beziehung zueinander gebracht werden, und
2. die Lage des Objektes im Strahlenkegel fixiert ist.

ad 1) Die Lage des Filmes zum Zentralstrahl, der stets auf den gleichen Punkt der Filmebene trifft, sowie die Entfernung Focus-Film sind unveränderlich festgelegt. Das entspricht der "Inneren Orientierung", das ist die Festsetzung des Brennfleckstandortes zur Projektionsebene in der Photogrammetrie.

ad 2) Der "Äußeren Orientierung" ist die durch den Situationsabdruck erreichte Objektfixierung gleichzusetzen: Die Lage des Objektes im Strahlenkegel, sowie seine Lage zur Projektionsebene und die Distanzen Film-Objekt-Focus sind unveränderlich.

Die Erfüllung dieser grundlegenden Voraussetzungen gewährleistet die exakte Wiederholung einer Aufnahmesituation und bietet damit die Möglichkeit zur Herstellung periodisch-identischer Röntgenaufnahmen. Diese wiederum bilden die Grundlage für die meßbare Lokalisation.

3. Eine meßbare Lagebestimmung

Ausgehend von dem Verfahren zur Herstellung situationsgleicher Röntgenbilder entwickelte Hielscher eine Lokalisationsmethode, die die Rekonstruktion des Strahlenganges auf mechanischem Wege ermöglicht.

Innerhalb des Aufnahmeverfahrens bedurfte es hierzu nur einer Variation der Haltevorrichtung, um durch vertikale Röhrenverschiebung ein Bildpaar zu erhalten, das die parallaktische Verschiebung der abgebildeten Objektpunkte zeigt.

Der tubusnahe Teil des Zielstabes, der parallel zu dem senkrecht auf den (2 cm über dem unteren Bildrand gelegenen) Bildhauptpunkt treffenden Achsenstrahl verläuft, wird bei der zweiten Projektion durch einen anderen Stab ersetzt. Focus und Film sind derartig miteinander verbunden, daß der Achsenstrahl wieder auf den Bildhauptpunkt trifft und einen Winkel von 15^{o} mit dem Achsenstrahl der ersten Einstellung bildet. Die Film-Objekt-Beziehung wird nicht verändert, da nach dem Einlegen eines zweiten Filmes der Filmhalter mit der den Situationsabdruck tragenden Abdruckhülse wieder in die gleiche Lage im Munde gebracht werden kann. Der Zielstab wird mit dem Tubus verbunden und bis zum Anschlag in die Abdruckhülse eingeschoben, eine Abweichung in mesio-distaler Richtung ist ausgeschlossen.

Da somit die exakte Einhaltung beider Projektionsanordnungen gewährleistet ist, und fernerhin alle Aufnahmedaten bekannt sind, ergibt sich die Möglichkeit einer Rekonstruktion der Aufnahmeanordnung, die der wirklichen Situation gerecht wird.

Die Ermittlung der räumlichen Lage aller Lokalisations- und Bezugspunkte geschieht mit Hilfe eines Lokalisationsgerätes, das folgendermaßen konstruiert ist:

Senkrecht zu einer aus einem länglichen Holzbrett bestehenden Grundfläche steht eine zur Aufnahme der Bildfläche bestimmte Holzplatte, auf der der Bildhauptpunkt markiert ist. Im Abstand von 54 cm und in der Ebene der Mittelsenkrechten ist ein Holzstab auf der Grundfläche senkrecht aufmontiert, der mit zwei Durchbohrungen versehen ist, die die Brennfleckstandorte darstellen. Parallel zur Grundfläche verläuft eine Verbindungslinie von dem Bildhauptpunkt zu F_1. Im Winkel von 15^{o} zu dieser verläuft eine zweite Verbindungslinie, die auf den Holzstab in F_2 trifft. Diese Verbindungen sind nur gedachte Linien, die aber jederzeit darstellbar sind.

Abb. 5

Lokalisationsgerät von Hielscher

Mit diesem einfachen Gerät ist die Rekonstruktion der bekannten Aufnahmesituationen im Verhältnis 3:1 möglich.

Demgemäß werden von den Röntgenbildern Abzüge in dreifacher Vergrößerung hergestellt.

Diese Vergrößerung wurde aus Gründen der besseren Übersicht bei der Bildanalyse eingeführt. Bei der Auswertung werden auf den Abzügen beider Projektionen markante Punkte, wie sie Füllungsränder, Kronen- und Wurzelspitzen darstellen, bezeichnet. Darauf wird das Bild der ersten Projektion mit dem der zweiten Projektion deckungsgleich übereinandergelegt. Die markierten Punkte des zu oberst gelegenen Bildes werden mit Nadelstichen auf das untere Bild übertragen. Letzteres weist nun sämtliche Punkte doppelt auf: einmal die zuerst bezeichneten der ersten Projektion, und zweitens die durch Übertragung von der zweiten Projektion erhaltenen, parallaktisch gewanderten Punkte.

Dieses Bild wird auf feste Pappe geklebt, und alle Punkte werden mit Fäden versehen, und zwar derartig, daß jeweils ein Faden durch einen Objektpunkt der ersten Projektion hindurchgezogen wird und, auf der Rückseite der Pappe entlang laufend, durch den zugehörigen Punkt der zweiten Projektion zurückgeführt wird. Darauf wird die Pappe an der Bildfläche des Modelles mit Reißnägeln so fixiert, daß sich der Bildhauptpunkt des Bildes mit dem der Haltefläche deckt. Dann werden die Fadenenden aller Objektpunkte der ersten Projektion durch den Haltestab in F_1 und alle übrigen durch F_2 gezogen und dort befestigt. Die Kreuzungspunkte der einzelnen Fäden zeigen die Lage der entsprechenden Bezugspunkte in allen drei Ebenen an. Die Distanzen können auf der Grundfläche und einer senkrecht zu dieser und der Bildfläche stehenden Markierungsfläche, die mit - in Abständen von 15 und 30 mm - graduiertem Papier belegt sind, abgelesen werden.

Die Genauigkeit dieses Verfahrens und seine praktische Anwendbarkeit gilt es nunmehr zu überprüfen.

II. TEIL

1. Versuchsanordnung

Bei jeder röntgenologischen Ortsbestimmung anhänd verschiedener Projektionen kommt es im wesentlichen darauf an, geeignete Objektpunkte aufzufinden, zu denen die Lage des Lokalisationsobjektes in Beziehung zu setzen ist.

Die parallaktische Wanderung des Objektes wird zu bestimmten Bezugspunkten kontrolliert. Die räumliche Lage dieser Punkte kann dann auf zeichnerischem oder mechanischem Wege rekonstruiert werden.

Auch die meßbare Lokalisation ist an das Vorhandensein verwertbarer Punkte gebunden.

Diese müssen auf den Bildern beider Projektionen identisch sein.

Die Bildauswertung gestaltet sich mitunter insofern schwierig, als erfahrungsgemäß nicht immer die gleichen Objektpunkte bei wechselnder Strahlenführung zur Abzeichnung kommen. Da im Kieferbereich die überwiegende Zahl der Objekte, wie Kronen, Wurzelspitzen usw., eine gewölbte Oberfläche aufweist, werden bei der zweiten Einstellung jeweils andere Partien von den Strahlen getroffen.

Geometrisch läßt sich dieser Vorgang so erklären:

Legt man an einen Kreis 2 Tangenten, die miteinander einen Winkel von 15^{o} bilden, so berühren sie die Kreisperipherie in verschiedenen Punkten, deren Abstand um so geringer wird, je kleiner der Radius ist.

Aus dieser Überlegung ergibt sich die Notwendigkeit, sich bei der Bildauswertung auf solche Bezugspunkte zu beschränken, deren Abzeichnungen bei verschiedenen Projektionen so dicht beeinander liegen, daß ihre minimale Differenz bei der Rekonstruktion praktisch keine Bedeutung mehr hat.

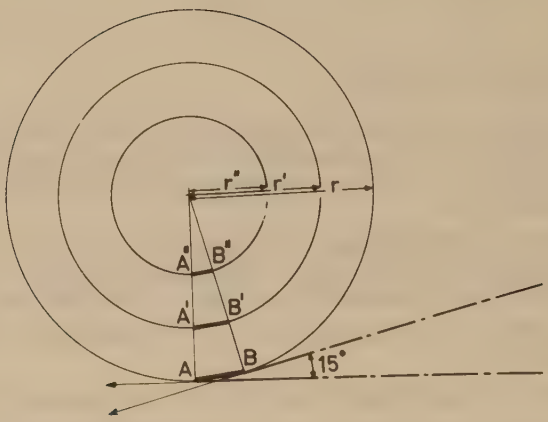

Abb. 6

Je kleiner der Radius wird, desto geringer wird der Abstand AB

Diese Ungenauigkeiten für die Raumbestimmung werden am besten dadurch eingeschränkt, daß möglichst viele Bezugspunkte zur Lokalisation herangezogen werden. Schwierigkeiten ergeben sich, wenn es an verwertbaren Bezugspunkten mangelt.

Einmal ist das der Fall, wenn aus der unmittelbaren Umgebung von hoch im Oberkiefer verlagerten Zähnen keine charakteristischen anatomischen Merkmale zur Beurteilung herangezogen werden können. Weiterhin ist die Ermittlung der Lagebeziehungen erschwert bei nicht eindeutiger Abzeichnung des Lokalisationsobjektes und seiner benachbarten Partien und schließlich bei völligem Fehlen jeglicher Bezugspunkte im zahnlosen Kiefer.

Diese Begrenzung der Lokalisationsmöglichkeiten bot den Ansatzpunkt für die eigenen Untersuchungen.

Die genannten Hindernisse für die Lagebestimmung konnten durch die Einführung von Orientierungshilfen überwunden werden. Die Verwendung von Markierungen gibt die Möglichkeit, weitere Bezugspunkte zu schaffen und die Lokalisation auch in schwierigen Fällen erfolgreich durchzuführen.

Derartige Hilfen für die Lokalisation werden in Form von metallischen Marken in den Abdruck eingebracht. Ihre Lage im Strahlengang ist rekonstruierbar. Darin besteht ein Vorteil gegenüber den Verfahren von Kallay (37), Schönbauer (65) und Sonnabend (69), bei welchen Drahtnetze und Wachswälle mit eingelegten Drähten dem Kieferkamm angeformt werden. Die Lage dieser Hilfsmittel innerhalb der Projektionsanordnung ist nicht fixiert. Die Einstellungen werden willkürlich ge-

wählt. In Abhängigkeit von der Strahlenführung kommt es jeweils zu einer anderen Darstellung der Lagebeziehungen zwischen den Marken und dem Objekt. Da die Aufnahmebedingungen nicht bekannt sind, können keine sicheren Aussagen über die wahre Objektlage gemacht werden.

Die Lagebestimmung nach Schönbauer und Sonnabend wurde versuchsweise durchgeführt. Der Vergleich mit dem durch die eigenen Verbesserungen ergänzten Verfahren von Hielscher zeigt, daß die Verwendung von Markierungen allein noch keine einwandfreie Methode zur Ortsbestimmung darstellt. Sofern die Marken nicht als Orientierungs- und Meßpunkte in einem exakten Lokalisationsverfahren Anwendung finden, können Interpretationsirrtümer nicht ausbleiben.

Im Rahmen dieser Arbeit galt es nun, die günstigsten Bedingungen für den praktischen Gebrauch von Orientierungshilfen innerhalb des Lokalisationsverfahrens von Hielscher herauszufinden und in einer Versuchsreihe zu erproben.

Sie liegen vor, wenn die Markierungen bei der Rekonstruktion die vestibuläre und orale Schleimhautoberfläche im Bereich des Lokalisationsobjektes kennzeichnen.

Ferner war die Frage zu beantworten, welche Materialien für die Herstellung von Röntgenbild-Marken am besten geeignet sind. Sie sollen eine ausreichend große Strahlenundurchlässigkeit aufweisen.

Nachdem sich die Anfertigung von Amalgam-Markierungen als zu umständlich erwiesen hatte, ergab ein Versuch mit verschiedenen Marken aus Zinnfolie, daß dieses Material nicht in genügend hohem Grade strahlenundurchlässig ist, um ausreichend deutliche Schattenintensitätsabstufungen auf dem Röntgenbilde zu hinterlassen (siehe Fall 6).

Hingegen erwiesen sich verschieden geformte Metall-Marken als geeignete Hilfsmittel. Sie werden so weit in den Abdruck eingesenkt, daß ihre Oberfläche mit der thermoplastischen Abdruckmasse abschließt. Im Bereich des Lokalisationsobjektes liegen sie der Schleimhaut direkt an.

Um für alle Ortsbestimmungen gleichartige röntgenologische Orientierungsmerkmale zu schaffen, wurden jeweils die vestibulären Flächen durch kugelförmige Marken und die oralen Flächen durch stäbchenförmige Marken gekennzeichnet.

Zusammenfassende Darstellung des in allen Versuchen eingehaltenen Arbeitsganges:

I. Durchführung am Patienten (Aufnahmemethode):

1. Probeeinstellung, eventuell Probeaufnahme.
2. Der Film wird sorgfältig in den Filmhalter eingeschoben, die Abdruckhülse mit thermoplastischer Abdruckmasse beschickt und über den Vierkantstab des Filmhalters bis zum Anschlag geschoben.

3. Einbringen der zusammengefügten Teile in die Mundhöhle, Überprüfung der Filmlage, Andrücken der Abdruckmasse an die Zahnreihe der zu untersuchenden Region, danach vorsichtig occludieren lassen.

4. Nach dem Erkalten herausnehmen. Anbringen der Marken im Abdruck. Wiedereinsetzen, zunächst am Untersuchungskiefer den Abdruck einpassen und festhalten, dann die Zähne des Gegenkiefers die zugehörigen Impressionen finden lassen. Fest zubeißen lassen. Durch Hebeln an der Abdruckhülse die exakte Abdrucklage prüfen.

5. Am Tubus den Stab der 1. Projektion befestigen und bis zum Anschlag in die Abdruckhülse einschieben. 1. Aufnahme.

6. Zuerst wird der Stab mit dem Tubus entfernt, darauf der Filmhalter mit dem Abdruck. Auswechseln des Filmes; die exakte Filmlage im Filmhalter überprüfen. Der Stab der 2. Projektion wird am Tubus befestigt.

7. Film und Abdruck wieder einsetzen, mit dem Tubusstab zusammenfügen. 2. Aufnahme.

II. Anfertigung von Bildabzügen der Röntgennegative in 3-facher Vergrößerung.

III. Auswertung: Analyse der Röntgenbilder; Auswahl der Lokalisations- und Vergleichspunkte.

IV. Durchführung am Lokalisationsgerät:
(Rekonstruktion)

1. Übertragung der markierten Punkte auf das Bild der ersten oder zweiten Projektion.

2. Aufkleben dieses Bildes auf feste Pappe.

3. Verbindung der zugehörigen Punktpaare durch Einziehung von Fäden.

4. Fixierung des Bildes an der Bildfläche des Gerätes.

5. Zuführen der Fäden zu den entsprechenden Foci und Befestigung.

V. Ausmessung der Lage der Kreuzungspunkte in 3 Dimensionen; Angabe der Distanzen in Millimetern.

VI. Übertragung des Resultates in die Wirklichkeit durch Einsetzen des Abdruckes am Patienten. Beachtung der Strahlenrichtung.

Infolge der nach cranial gerichteten Fokusverschiebung in der Vertikalen tritt eine parallaktische Wanderung aller Objekte nach caudal auf. Hierdurch sind bei den steileren Einstellungen mehrfach die occlusal gelegenen Lokalisationsobjekte (besonders bei vestibulo-occlusaler Lage) über den unteren Filmrand hinaus projiziert worden.

Diese Erscheinung gab zu folgender Überlegung Anlaß:

Alle Objekte werden bei der 1. Projektion, deren Achsenstrahl senkrecht auf den Bildhauptpunkt trifft, einwandfrei abgebildet. Bei der um 15^{o} steileren 2. Projektion bildet der von dem 2. Brennfleckstandort ausgehende Strahl, der die untere Filmkante trifft, mit der Grundfläche einen toten Winkel. Diejenigen Objektanteile, die der Grundfläche nahe gelegen sind und in den toten Winkel fallen, können nicht zur Abzeichnung kommen.

Um nun zu verhindern, daß wichtige Objektdetails auf diese Weise nicht zur Abzeichnung kommen und damit der Lokalisation entzogen werden, mußte der von dem toten Winkel eingeschlossene Raum mit röntgenstrahlendurchlässigem Material ausgefüllt werden.

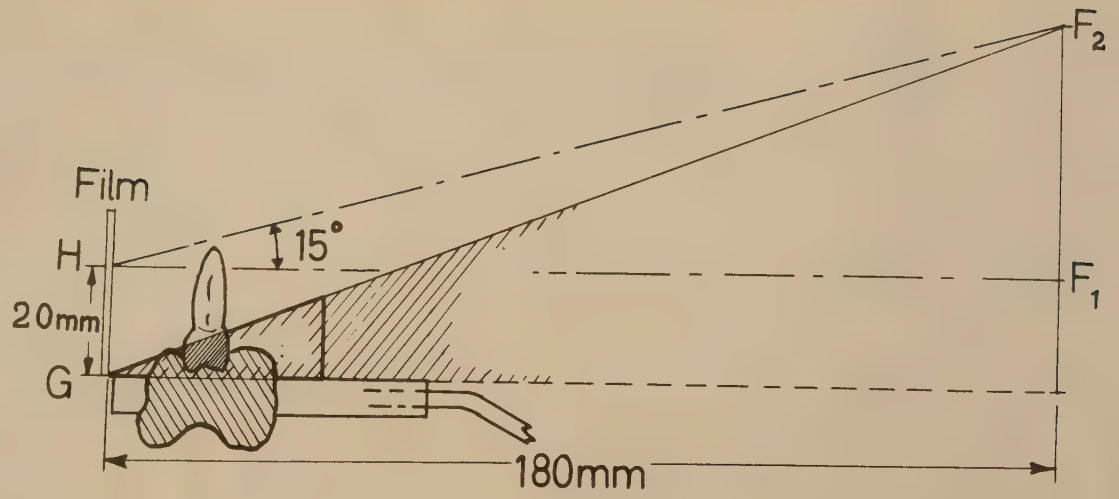

Abb. 7
Erklärung des toten Winkels,
der bei der zweiten Projektion von dem Strahl F_2G mit der Grundfläche gebildet wird (Originalgröße)

Auf Grund dieser Überlegungen wurden Holzkeile auf den Abdruckhülsen fixiert.

Abb. 8

Filmhalter mit Keil

Bei der Herstellung des Stentsbisses kann nun der Patient seine Zähne der Grundfläche nur noch so weit nähern, als es das Hindernis des Keiles zuläßt. Die occlusal gelegenen Anteile der das Objekt einschließenden Kieferpartie können nicht mehr in den Raum des toten Winkels vordringen und kommen auch bei der 2. Projektion beurteilbar zur Darstellung.

Eine weitere Veränderung ist innerhalb des Auswertungsvorganges zur Erhöhung der Meßgenauigkeit vorgenommen worden. Nach der erfolgten Rekonstruktion zeigt das Lokalisationsgerät die räumlichen Lagebeziehungen der gesuchten Punkte.

Abb. 9a

Filmhalter mit Abdruck und Keil
in situ

Abb. 9b
2. Projektion

Alle Distanzen in vertikaler Richtung werden auf der graduierten Anlagefläche, die senkrecht zu der Grund- und der Bildfläche steht, abgelesen. Da die Lage der den Augen näheren Fäden - und damit auch die Lage ihrer Kreuzungspunkte zu den Bezugsebenen - bei geringer Veränderung des Blickwinkels stärker wechselt als die der im Hintergrund gelegenen Punkte, können mit dem wechselnden Standpunkt des Betrachters die einzelnen Kreuzungspunkte jeweils mit verschiedenen Meßlinien zur Deckung gebracht werden, wenn nicht die Blickrichtung streng parallel zur Grundfläche verläuft.

Um die Messungen zu vereinfachen und Ungenauigkeiten, die sich aus der Abhängigkeit von der jeweiligen Blickrichtung ergeben, auszuschließen, wurde ein einfaches Meßgerät konstruiert.

Auf einem Fuß, der sicher auf der Unterlage steht, wurde ein schmales Lineal aus durchsichtigem Material senkrecht so aufmontiert, daß die Null-Linie der Maßeinteilung mit der Grundfläche abschneidet.

Das Instrument wird jeweils dicht neben dem zu messenden Kreuzungspunkt aufgestellt, so daß es ihn gerade berührt. Der auf der Skala abzulesende Wert ergibt, durch den Vergrößerungsfaktor dividiert, die vertikale Entfernung des Punktes von der Grundfläche.

Gleichzeitig zeigt der Nullpunkt des Instrumentes den Auftreffpunkt des vom Lokalisationspunkt gefällten Lotes auf die Unterlage an. Das von diesem Punkt auf die Bildfläche gefällte Lot stellt die Tiefenlage dar, und das auf die seitliche Anlagefläche gefällte Lot gibt die laterale Lage an.

Der Lokalisationspunkt ist somit in ein Koordinatensystem eingeordnet, und die zur räumlichen Lagebestimmung erforderlichen 3 Koordinaten können unmittelbar abgelesen werden.

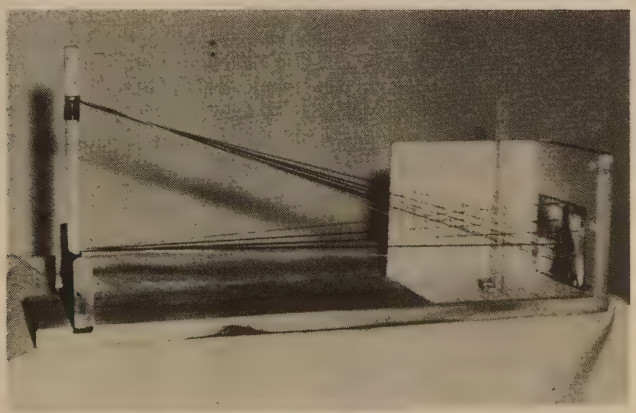

Abb. 10a

Das Meßgerät am Lokalisationsmodell

Abb. 10b

Ausschnitt

Der Vergleich der Meßergebnisse aller Punkte in vertikaler Ebene ergibt deren Distanzen in cranio-caudaler Richtung, der Vergleich der Messungswerte in lateraler Ebene zeigt die Entfernungen in mesio-distaler, und der Vergleich der Tiefenlagen-Werte die in vestibulo-oraler Ausdehnung an.

Die auf der Grundfläche angebrachten Meßlinien, deren Abstände von 1,5 und 3 cm für die Ausmessungen nicht genau genug erschienen, wurden durch ein Meßnetz ersetzt, das einem Millimeterpapier im Vergrößerungsverhältnis 3 : 1 entspricht.

Die kleinsten Quadrate haben eine Seitenlänge von 3 mm, die etwas stärker ausgezogenen 15 mm und die Quadrate mit den kräftigen Linien 30 mm. Beim Einstellen des Meßgerätes auf die einzelnen Lokalisationspunkte können somit von seinem Nullpunkt aus die beiden flächenhaften Koordinaten direkt in Millimetern abgelesen werden.

2. Kasuistik

In über 50 Fällen wurde die Lokalisation unter Verzicht auf jegliche Hilfsmittel an unserer Klinik erprobt.

Die zunächst unter diesen Bedingungen durchgeführten eigenen 10 Untersuchungen haben die damit gewonnenen Erfahrungen dahingehend ergänzen können, daß diese Ortsbestimmung den bisherigen Verfahren überlegen ist. Sie haben aber auch die Grenze der Methode deutlich ins Blickfeld gerückt, so daß es notwendig ist, an Hand von 3 charakteristischen Beispielen die noch bestehenden Nachteile herauszustellen.

Fall 1

Patientin I. K. Alter: 26 Jahre

Lokalisationsobjekt: /3, verlagert

Kiefer: vollbezahnt

keine Marken, kein Keil.

Ausgemessene Entfernungen:

Lokalisationspunkte:	Tiefe	Horizontal	Vertikal
1) Kronenspitze:	25,5 mm	36,0 mm	17,3 mm
2) Wurzelspitze:	35,5 mm	18,0 mm	34,2 mm
3) Obere Schmelz-Zement-Grenze:	./.	./.	./.
Vergleichspunkte:			
4) Überschüssige Wurzelfüllpaste:	./.	./.	./.
5) Wurzelspitze /1	./.	./.	./.
6) Füllungsrand distal approximal /1:	28,3 mm	35,0 mm	12,0 mm
7) Fissur /4:	28,0 mm	27,5 mm	11,0 mm
8) Füllung zentral /6:	17,0 mm	17,0 mm	11,0 mm

Lokalisationsbefund:

Die Wurzelspitze des verlagerten Zahnes liegt 10 mm weiter buccal, 17 mm höher und 18 mm weiter distal als die Kronenspitze. Die Zahnachse verläuft demnach von palatinal, mesial (Krone) ansteigend nach buccal und distal (Wurzel).

Beziehung zur Umgebung:

Die Kronenspitze von $\underline{/3}$ liegt 1 mm mesial des distal-approximalen Füllungspunktes von $\underline{/\overline{1}}$, 5, 3 mm darüber und 2, 8 mm palatinal von diesem.

Die Wurzelspitze liegt im Vergleich zu dem zentralen Füllungspunkt von von $\underline{/6}$ 1 mm weiter mesial, 23, 2 mm höher und 18, 5 mm weiter buccal in der Strahlenrichtung.

Kritische Stellungnahme:

In diesem Falle bestanden insofern Schwierigkeiten, als exakte Lokalisations- und Vergleichspunkte schwer zu finden waren. Als solche können die Wurzelspitze von $\underline{/1}$ (5), der Vergleichspunkt der überschüssigen Wurzelfüllpaste $\overline{(4)}$ und die Schmelz-Zement-Grenze des verlagerten Zahnes (3) nicht bezeichnet werden, da es nicht gelang, identische Bildpunkte dieser Bezugspunkte auf den Bildern beider Projektionen aufzufinden. Folglich ergaben sich bei der Rekonstruktion dieser Punkte am Lokalisationsmodell keine Kreuzungspunkte der entsprechenden Fäden. Da die übrigen Bezugspunkte richtig gewählt waren, konnte der impaktierte Eckzahn dennoch lokalisiert werden.

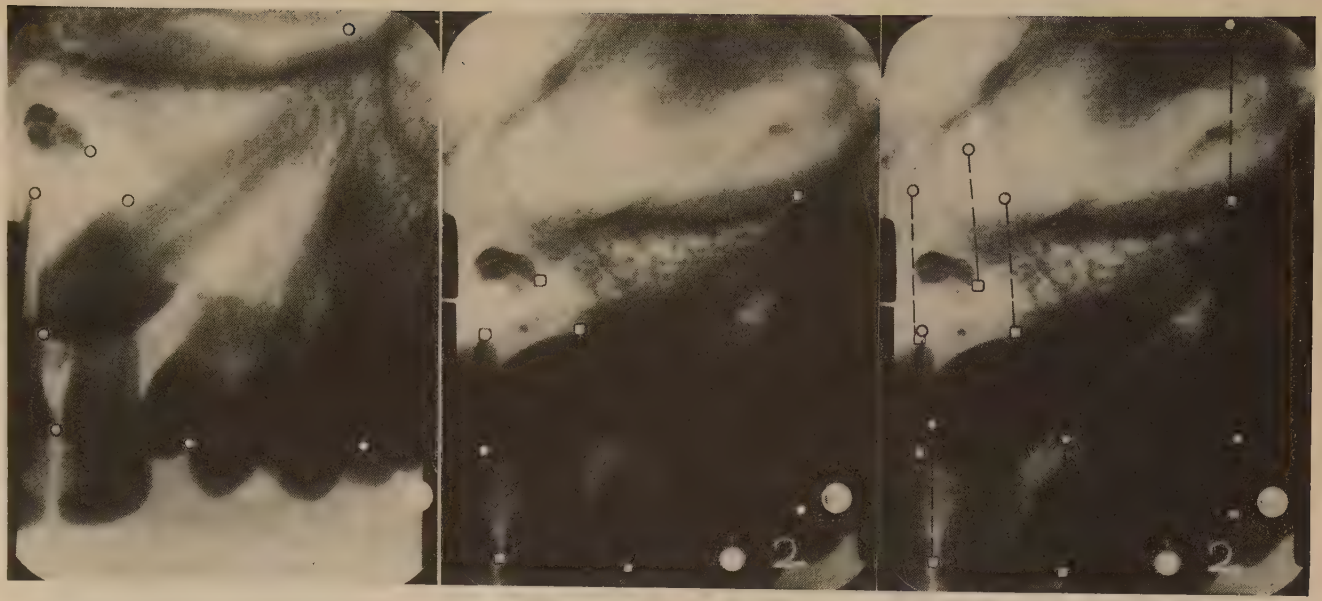

Abb. 11
Fall 1

- Bezugspunkte auf dem Bild der 1. Projektion
- Bezugspunkte auf dem Bild der 2. Projektion
- Parallaktische Verschiebung der Bildpunkte

Fall 2

Patientin G. V. Alter: 23 Jahre

Lokalisationsobjekt: 1/, verlagert

Kiefer: voll bezahnt, Brücke 2/ - /1

keine Marken, kein Keil.

Ausgemessene Entfernungen:

	Tiefe	Horizontal	Vertikal
Lokalisationspunkte:			
1) Wurzelspitze:	25,5 mm	33,5 mm	29,0 mm
2) medialer Kronenpunkt:	30,5 mm	22,5 mm	14,0 mm
3) mediale Schmelz-Zement-Grenze:	26,0 mm	28,0 mm	20,0 mm
4) distaler Wurzelpunkt:	26,5 mm	34,0 mm	19,0 mm
5) Innerer Kronenschatten (mediale Ecke):	25,5 mm	27,0 mm	18,0 mm
6) Innerer Kronenschatten (Spitze):	26,0 mm	29,0 mm	15,5 mm
Vergleichspunkte:			
7) Wurzelspitze 2/:	25,0 mm	35,5 mm	25,0 mm
8) Wurzelspitze /1:	26,5 mm	21,5 mm	22,5 mm
9) Brückenpunkt 2/: . . . . . (cervikaler Kronenrand)	25,5 mm	33,5 mm	11,5 mm
10) Cervikaler Kronenrand /1:	25,5 mm	20,5 mm	11,5 mm

Lokalisationsbefund:

Die Wurzelspitze des verlagerten Zahnes liegt 5 mm weiter palatinal als sein medialer Kronenpunkt, 11 mm weiter distal und 15 mm höher. Die Zahnachse verläuft von distal, nasal und palatinal (Wurzel) unter Abknickung nach mesial, labial und occlusal (Krone).

Beziehung zur Umgebung:

Die Wurzelspitze von 1/ liegt annähernd in der gleichen Tiefe wie die benachbarten Wurzelspitzen, nämlich 1 mm weiter palatinal als die Wurzelspitze von /1, 0,5 mm weiter labial und 4 mm höher als die Wurzelspitze von 2/. Die mediale Kronenecke von 1/, die labial tastbar ist, liegt 2,5 mm höher als der cervikale Kronenrand von /1, 2 mm weiter mesial und 5 mm weiter labial.

Die Lokalisation ergab keinen Anhaltspunkt für die Interpretation des inneren Kronenschattens. Bei der Operation, die eine Bestätigung bezüglich der Zahnlage erbrachte, erwies sich die Vermutung eines "dens in dente" als irrtümlich.

Kritische Stellungnahme:

Die Zahnkronen wurden bei der Herstellung des Stentsbisses zu sehr der Basis des Filmhalters, beziehungsweise der Abdruckhülse genähert, so daß sie bei der steileren zweiten Einstellung über den unteren Filmrand hinaus projiziert wurden - ein Nachteil! -. In diesem Falle gingen dadurch aber keine Bezugspunkte verloren, da die distale Kronenecke des verlagerten Zahnes sich infolge von Arrosionen nicht eindeutig abzeichnete, und da weiterhin die Kronenkante einer - durch ihre filmferne Lage bedingten - parallaktischen Wanderung unterlag und demzufolge in den Brückenschatten hineinprojiziert wurde, während die cervikalen Kronenpunkte von 2/ und /1 dicht über dem unteren Filmrand noch gut erkennbar sind.

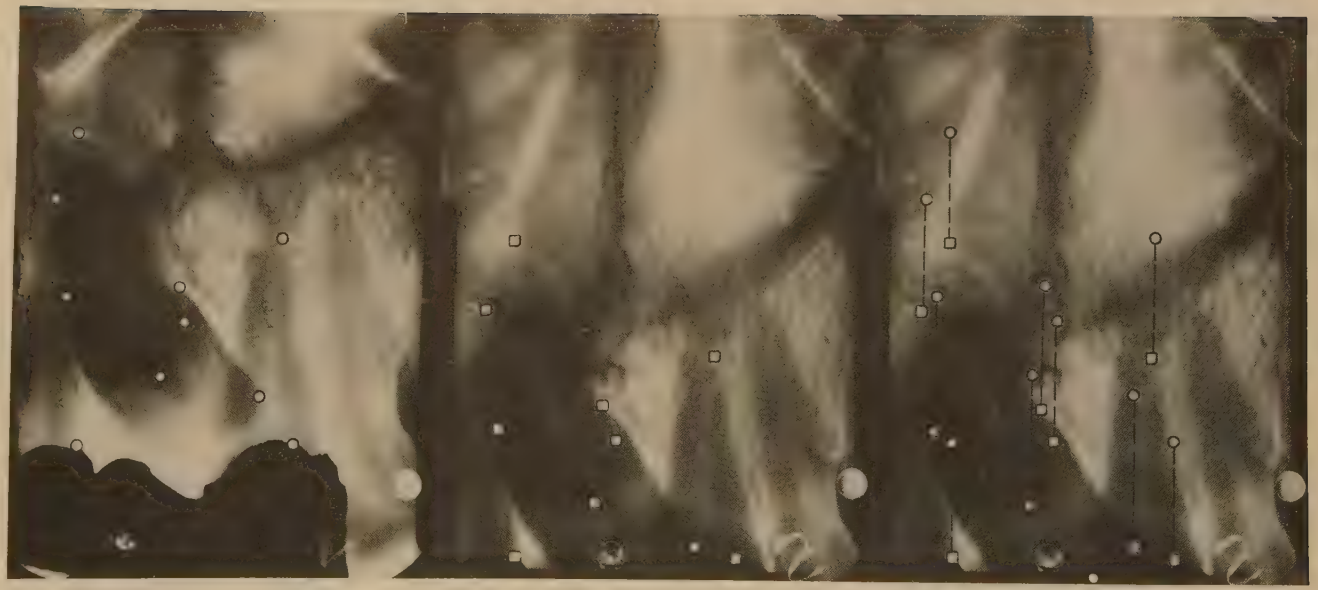

Abb. 12
Fall 2

Fall 3

Patientin E. W. Alter: 15 1/2 Jahre

Lokalisationsobjekt: 3/, verlagert

Kiefer: vollbezahnt

keine Marken, kein Keil.

Ausgemessene Entfernungen:

	Tiefe	Horizontal	Vertikal
Lokalisationspunkte:			
1) Kronenspitze:	21,0 mm	19,0 mm	13,0 mm
2) mediale Schmelz-Zement-Grenze:	24,0 mm	20,0 mm	22,0 mm
3) distale Schmelz-Zement-Grenze:	27,0 mm	24,5 mm	19,0 mm
4) Wurzelspitze:	38,0 mm	25,5 mm	34,5 mm
Vergleichspunkte:			
5) Wurzelspitze 4/:	24,0 mm	28,0 mm	20,0 mm
6) mediale Schmelz-Zement-Grenze 4/:	20,5 mm	25,0 mm	13,5 mm
7) Wurzelspitze 2/:	33,0 mm	17,0 mm	23,0 mm
8) distaler Limbus-Punkt 2/:	24,0 mm	21,0 mm	10,5 mm

Lokalisationsbefund:

Die Wurzelspitze des verlagerten Zahnes liegt 17 mm weiter buccal, 6,5 mm weiter distal und 21,5 mm höher als seine Kronenspitze. Die Zahnachse verläuft von palatinal, occlusal (Krone) nach buccal und distal ansteigend (Wurzel).

Beziehung zur Umgebung:

Die Kronenspitze von 3/ liegt 3 mm weiter palatinal, 2 mm weiter mesial und 2,5 mm höher als der Limbuspunkt bei 2/. Sie ist palatinal tastbar.

Die Wurzelspitze von 3/ liegt 14,5 mm höher als die Wurzelspitze von 4/, 2,5 mm weiter mesial und 14 mm weiter buccal.

Auf Grund des Lokalisationsbefundes schied die operative Entfernung des impaktierten Zahnes aus, da trotz der Schräglage seine Eingliederung in die Zahnreihe mit Hilfe kieferorthopädischer Maßnahmen aussichtsreich erschien. Bei der vorbereitenden Operation (Freilegung der Kronenspitze und Anbringung eines Simon-Röhrchens) ergab sich, daß die Lage der Kronenspitze und die ersichtliche Zahnachsenrichtung dem Lokalisationsbefund entsprachen.

Kritische Stellungnahme:

Die Anbringung einer buccalen Marke im Bereich der Kronenspitze von $\underline{3}$/ wäre für die Orientierung von Vorteil gewesen, da im Kronenbereich alle Bezugspunkte im Vergleich zu der extrem buccal gelegenen Wurzelspitze relativ weit palatinal liegen.

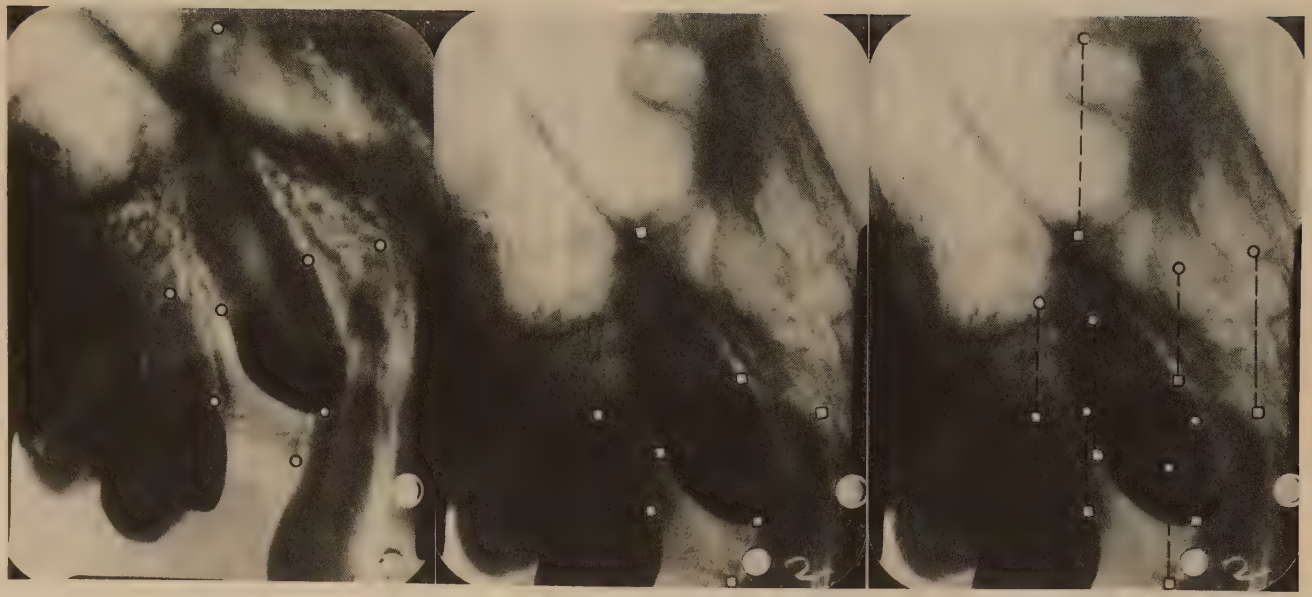

Abb. 13
Fall 3

Beurteilung:

Solange keine künstlichen Orientierungshilfen bei der Anwendung des Lokalisationsverfahrens herangezogen werden, können nur Angaben über die Lage des Lokalisationsobjektes zu natürlichen Vergleichspunkten gemacht werden. Sind diese in genügender Anzahl im Röntgenbild ausfindig zu machen - was mitunter Schwierigkeiten bereitet - und können außer den benachbarten Wurzelspitzen auch klinisch sichtbare Bezugspunkte, wie Kronenspitzen und Füllungsränder, miteinbezogen werden, so ist unter diesen günstigen Bedingungen eine genaue Ortsbestimmung möglich.

In anderen Fällen kann aber eine genaue Raumorientierung beträchtlich erschwert sein.

Im bezahnten Kiefer ergeben sich Hindernisse, wenn das Lokalisationsobjekt - oder Teile von ihm - eine größere Distanz zu den Vergleichspunkten hat.

Beispielsweise sind in Fall 3 sämtliche Punkte relativ weit palatinal gelegen, mit Ausnahme der Wurzelspitze, die rund 14 mm weiter buccal liegt als die übrigen Bezugspunkte.

Eine genaue Vorstellung über die Lage im Kiefer würde erst die Kenntnis der Wurzelspitzenentfernung von der buccalen Schleimhaut vermitteln.

Im unbezahnten Kiefer kann als einzige Richtlinie nur der Abstand des Lokalisationsobjektes zur Filmebene angegeben werden. Die Lagebeziehung zur vestibulären oder oralen Fläche des Alveolarfortsatzes bleibt jedoch ungeklärt.

Um auch unter diesen ungünstigen Voraussetzungen zu einem noch eindeutigeren Ergebnis zu gelangen, wurde eine weitere Versuchsreihe unter Zuhilfenahme von Orientierungsmarken durchgeführt.

Hierbei sollte nachgewiesen werden, daß erst diese Hilfsmittel eine Beurteilung der Objektlage zu den Oberflächen der Alveolarfortsätze ermöglichen.

Von 40 Untersuchungen, die unter diesem Gesichtspunkt durchgeführt wurden, sollen im folgenden 5 ausgewählte Fälle ausführlich dargelegt werden.

Fall 4

Patient J. V. Alter: 54 Jahre

Lokalisationsobjekte: $\overline{/4}$ $\overline{/5}$, verlagert

Kiefer: teilbezahnt

Verwendung von Keil und Marken.

Marken: buccal 2 Kugeln, lingual 2 Stäbchen.

Ausgemessene Entfernungen:

	Tiefe	Horizontal	Vertikal
Lokalisationspunkte:			
1) $\overline{/4}$: distaler Fissurenpunkt:	26,5 mm	25,5 mm	12,0 mm
2) $\overline{/4}$: mediale Schmelz-Zement-Grenze:	28,5 mm	18,0 mm	13,0 mm
3) $\overline{/4}$: Wurzelspitze:	28,5 mm	18,0 mm	27,5 mm
4) $\overline{/5}$: buccaler Höcker:	27,5 mm	26,0 mm	13,0 mm
5) $\overline{/5}$: lingualer Höcker:	25,0 mm	28,0 mm	14,5 mm
6) $\overline{/5}$: medialer Kronenpunkt:	23,0 mm	24,0 mm	16,0 mm
7) $\overline{/5}$: distaler Wurzelpunkt:	32,0 mm	33,0 mm	25,7 mm
Vergleichspunkte:			
8) $\overline{/3}$: Wurzelspitze:	27,5 mm	12,0 mm	19,0 mm
Marken:			
9) mediales Stäbchen:	19,0 mm	23,0 mm	15,5 mm
10) distales Stäbchen:	20,0 mm	30,0 mm	15,3 mm

Lokalisationsbefund:

Der verlagerte 1. Prämolar hat die Schleimhaut mit der Kronenspitze durchbrochen. Die Krone des 2. Prämolaren liegt in mesio-distaler Richtung in gleicher Ebene mit den beiden lingualen Stäbchen-Marken.

Die Zahnachse von $\overline{/4}$ verläuft in bucco-lingualer Richtung annähernd senkrecht, das heißt alle Punkte haben ungefähr die gleiche Tiefenlage. (Der Kronenpunkt liegt 2 mm weiter lingual als der Wurzelpunkt.

Die Wurzelspitze von $\overline{/3}$ hat ebenfalls annähernd die gleiche Tiefenlage wie die Wurzelspitze von $\overline{/4}$; sie liegt 1 mm weiter lingual und 8,5 mm weiter occlusalwärts.

Die Zahnachse von $\overline{/5}$ verläuft von lingual, mesial (Krone) nach buccal, distal (Wurzel). Die erfaßten Wurzelanteile liegen im Mittel 7 mm weiter buccal als die Krone.

Beziehungen zu den Marken:

Der buccale Kronenhöcker von $\overline{/5}$ liegt 8,5 mm weiter buccal als das mesiale Stäbchen (linguale Marke) 3 mm weiter distal und 2,5 mm weiter occlusalwärts.

Der linguale Höcker liegt 5 mm weiter buccal als das distale Stäbchen (linguale Marke) 2 mm weiter mesial und 0,8 mm weiter occlusalwärts.

Abb. 14

Operationsaufnahme

Anmerkung zur Lokalisation:

Die buccal in den Abdruck eingelegten Marken (Kugelform) sind auf dem Bild der 1. Projektion im Bereich von $\overline{/4}$ zu erkennen. Infolge ihrer großen Entfernung von der Filmfläche war ihre parallaktische Verschiebung so stark, daß sie sich auf dem Bild der 2. Projektion nicht mehr abzeichneten. Das war in diesem Fall ohne Bedeutung, da die Kronenspitze von $\overline{/4}$ die Schleimhaut bereits durchbrochen hat, während die tiefer gelegene Krone von $\overline{/5}$ durch die in ihrem Bereich gelegenen lingualen Marken (Stäbchenform) leicht auffindbar ist.

Abb. 15
Fall 4
○ Bildpunkte der Marken bei der 1. Projektion
□ Bildpunkte der Marken bei der 2. Projektion
□--○ Ihre parallaktische Verschiebung

Fall 5

Patientin G. G. Alter: 25 Jahre

Lokalisationsobjekt: /5, verlagert

Kiefer: vollbezahnt

Verwendung von Keil und Marken

Marken: buccal 1 Kugel, palatinal 2 Stäbchen

Ausgemessene Entfernungen:

	Tiefe	Horizontal	Vertikal
Lokalisationspunkte:			
1) Buccaler Höcker:	20,5 mm	31,0 mm	17,5 mm
2) Palatinaler Höcker:	17,0 mm	29,0 mm	19,5 mm
3) Wurzelspitze:	33,0 mm	15,0 mm	21,5 mm
Vergleichspunkte:			
4) Distale Fissur /4:	21,0 mm	30,0 mm	11,5 mm
5) Zentrale Fissur /6:	15,0 mm	15,0 mm	10,0 mm
6) Wurzelspitze /6:	16,0 mm	13,0 mm	28,0 mm
Marken:			
7) Kugel;	33,0 mm	34,0 mm	17,0 mm
8) Mediales Stäbchen:	16,0 mm	34,0 mm	18,0 mm
9) Distales Stäbchen:	15,0 mm	25,0 mm	17,0 mm

Lokalisationsbefund:

Die Krone des verlagerten Zahnes liegt in mesio-distaler Richtung zwischen den beiden Stäbchen-Marken.

Der buccale Höcker liegt 2 mm weiter occlusalwärts, 3,5 mm weiter buccal und 2 mm weiter mesial als der palatinale Höcker, der die Schleimhaut durchbrochen hat. Im Vergleich zu diesem liegt die Wurzelspitze 13 mm weiter distal, 2 mm höher und 16 mm weiter buccal. Die Zahnachse verläuft also von mesial, palatinal (Krone) nach distal, buccal (Wurzel).

Beziehung zur Umgebung:

Die Krone liegt zwischen /4 und /5, mit ihrem buccalen Höcker 6 mm höher als die Fissur von /4 und in bucco-palatinaler Richtung in gleicher Tiefenebene mit ihr.

Die Wurzelspitze liegt bei /6, und zwar 6,5 mm weiter occlusal und 17 mm weiter buccal als die Wurzelspitze von /6; sie liegt 11,5 mm höher als die Fissur von /6 und 18 mm weiter buccal.

Beziehungen zu den Marken:

Der buccale Höcker liegt 3 mm weiter distal als die Kugel- und mediale Stäbchen-Marke, 12,5 mm weiter palatinal und o,5 mm höher als die buccale Kugel-Marke, und 4,5 mm weiter buccal und 0,5 mm weiter occlusal als die palatinale, mediale Stäbchen-Marke.

Der palatinale Höcker liegt 4 mm weiter mesial als die palatinale, distale Stäbchen-Marke, 2,5 mm höher und 2 mm weiter buccal.

Anmerkung zur Lokalisation:

Der Lokalisationsbefund klärte die in bucco-palatinaler Richtung schräge Zahnachsenlage auf und gab damit zur Erwägung kieferorthopädischer Maßnahmen Anlaß. Anderenfalls hätte der Zahn - bei einer gleichmäßigen Tiefenlage in der Ebene der Wurzelspitzen, wie sie bei Betrachtung der ersten Röntgenaufnahme vermutet wurde - mangels anderer Erfolgsaussichten entfernt werden müssen.

Abb.16
Fall 5

Fall 6

Patientin S.G. Alter: 62 Jahre

Lokalisationsobjekt: $\overline{67}$, Wurzelrest oder sklerosierender Prozeß?

Kiefer: teilbezahnt

Verwendung von Keil und Marken

Marken: buccal 2 Quadrate, lingual 2 Dreiecke aus Zinnfolie

Ausgemessene Entfernungen:

	Tiefe	Horizontal	Vertikal
Lokalisationspunkte:			
1) Obere Begrenzung:	19,5 mm	17,0 mm	22,2 mm
2) untere Begrenzung:	18,5 mm	16,5 mm	25,7 mm
3) mesiale Begrenzung:	17,0 mm	18,0 mm	24,0 mm
4) distale Begrenzung:	20,0 mm	15,5 mm	24,5 mm
Vergleichspunkte:			
5) Kronenfissur $\overline{57}$:	17,0 mm	25,0 mm	9,0 mm
6) Wurzelspitze $\overline{57}$:	22,0 mm	21,0 mm	28,0 mm
Marken:	./.	./.	./.

Lokalisationsbefund:

Das Gebilde hat eine Länge von 3,6 mm und eine Breite von 3,5 mm. Seine obere Begrenzung liegt 1 mm weiter buccal als die untere und 3,5 mm weiter occlusalwärts.

Vergleichsweise liegt die Kronenfissur von $\overline{57}$ 5 mm weiter lingual als die Wurzelspitze.

Der am weitesten mesial gelegene Punkt des Gebildes liegt 1,5 mm weiter lingual als der Punkt seiner unteren Begrenzung; der am weitesten distal gelegene Punkt liegt von diesem aus 1,5 mm weiter buccal. Dieser Punkt der unteren Begrenzung ist weiterhin im Vergleich zu der Wurzelspitze von $\overline{57}$ 3,5 mm weiter lingual, 2,3 mm weiter occlusalwärts und 4,5 mm weiter nach distal zu gelegen.

Erweist sich das Gebilde als Wurzelrest, so kann es sich nur um den mesio-lingualen Wurzelanteil von $\overline{67}$ handeln. Diese Möglichkeit kann durch den Lokalisationsbefund nicht ausgeschlossen werden.

Anmerkung zur Lokalisation:

Die Frage, ob das Gebilde einen sklerosierenden Prozeß oder einen Wurzelrest mit peripheren Resorptionen darstellt, kann auf röntgenologischem Wege nicht entschieden werden. Eine Aussage über die bucco-linguale Erstreckung des Gebildes könnte hier Klärung bringen. Aber das Ausmaß der in der Strahlenrichtung gelegenen Anteile ist - infolge des Fehlens von Punkten in dieser Ebene - röntgenologisch nicht erfaßbar und damit der Rekonstruktion nicht zugänglich.

Weiterhin ergab dieser Versuch, daß Zinnfolie als Material zur Herstellung von Röntgenbild-Markierungen infolge einer zu hohen Strahlendurchlässigkeit nicht geeignet ist. Sämtliche Marken wurden durchstrahlt, das heißt sie konnten sich gegen die Schattenintensitäten der anderen Strukturen nicht durchsetzen und sind auf den Röntgenbildern beider Projektionen auch nicht andeutungsweise erkennbar.

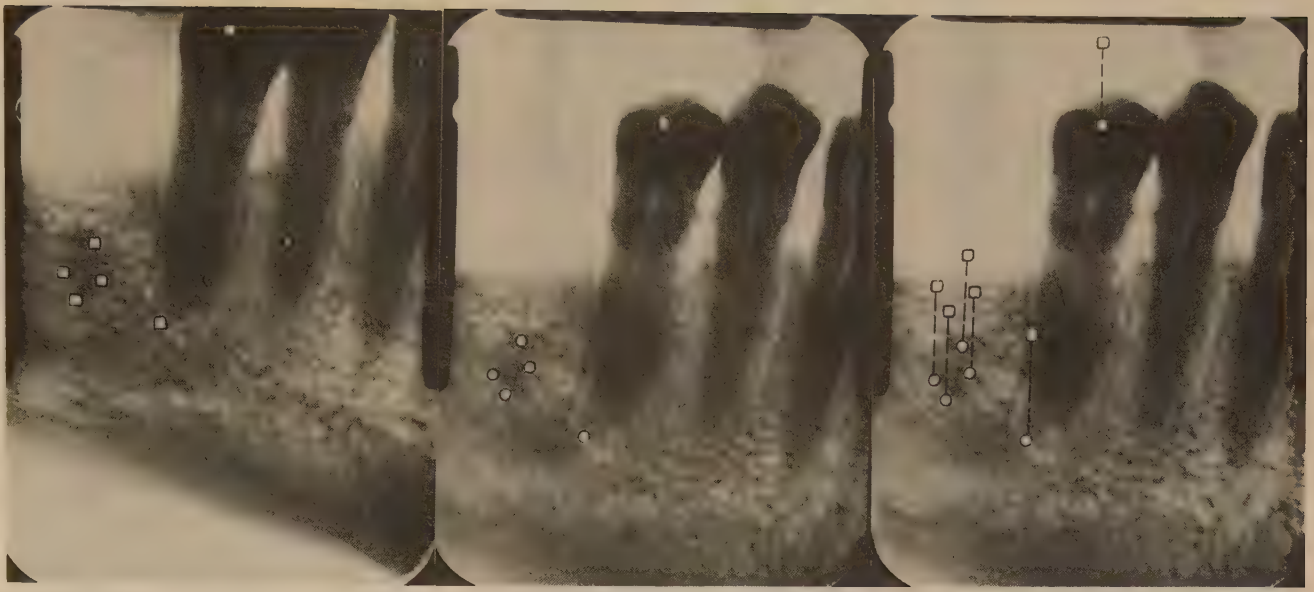

Abb. 17
Fall 6

Fall 7

Patient W.H. Alter: 15 Jahre

Lokalisationsobjekt: Mesiodens über /1

Kiefer: vollbezahnt

Verwendung von Keil und Marken

Marken: buccal 1 Kugel, palatinal 2 Stäbchen

Ausgemessene Entfernungen:

	Tiefe	Horizontal	Vertikal
Lokalisationspunkte:			
1) Wurzelspitze:	30,1 mm	27,6 mm	23,0 mm
2) mesiale Schmelz-Zement-Grenze:	27,5 mm	27,7 mm	34,5 mm
3) distale Schmelz-Zement-Grenze:	27,5 mm	21,0 mm	33,3 mm
Vergleichspunkte:			
4) Wurzelspitze 1/:	31,1 mm	33,0 mm	36,6 mm
5) Wurzelspitze /1 :	34,2 mm	22,0 mm	36,1 mm
6) Wurzelspitze /2 :	27,0 mm	18,0 mm	36,3 mm
7) Krone (Wurzelfüllung) /1 :	29,0 mm	24,0 mm	13,7 mm
Marken:			
8) Kugel:	37,1 mm	20,5 mm	16,9 mm
9) mediales Stäbchen:	23,0 mm	27,8 mm	16,3 mm
10) distales Stäbchen:	23,0 mm	16,5 mm	16,8 mm

Lokalisationsbefund:

Die Wurzelspitze des Zapfenzahnes liegt 26 mm weiter labial als die Krone im Bereich der Schmelz-Zement-Grenzen und 11 mm weiter occlusalwärts. Die Zahnachse verläuft demnach von palatinal, nasal (Krone) nach labial, occlusal (Wurzel).

Beziehung zur Umgebung:

Die Krone des Mesiodens liegt bei der Wurzelspitze von /1, 6,7 mm weiter palatinal als diese, dagegen nur 3,6 mm palatinal von der Wurzelspitze von 1/.

Die Wurzelspitze des Mesiodens liegt in der Mittellinie, 9,3 mm über dem mesialen Wurzelfüllungspunkt der Krone von /1 und 1,1 mm weiter labial.

Im Vergleich mit der Wurzelspitze von /1 liegt sie 4,1 mm weiter palatinal, im Vergleich zu den übrigen Wurzelspitzen ist sie 1 mm weiter palatinal als die Wurzelspitze von 1/ und 3,1 mm weiter labial als die Wurzelspitze von /2 gelegen. Die Wurzelspitze von /1 ist demnach durch die Krone des Mesiodens nach labial verdrängt worden.

Lagebeziehungen der Marken zu der Wurzel des Mesiodens:

Das mediale Stäbchen (palatinale Marke) liegt 6,7 mm senkrecht unter der Wurzelspitze und 7,1 mm palatinal von ihr. Die Kugel (buccale Marke) liegt 7 mm weiter distal, 6,1 mm weiter occlusal und 7 mm weiter buccal als die Wurzelspitze des Mesiodens.

Anmerkung zur Lokalisation:

Der Vergleichspunkt 5) stellt keinen echten Wurzelspitzenpunkt von /1 dar, sondern die scheinbare Kreuzungsstelle von dem Periodontalspalt mit der Wurzelfüllung. Die reale Wurzelspitze ist abgeknickt und auf dem Bild der ersten Projektion, ebenso wie die Kronenspitze des Mesiodens, durch den oberen Bildrand abgeschnitten. Die Einstellung war insofern nicht günstig, als die Zahnkrone zu weit von der Basis des Filmhalters, beziehungsweise von der Aufbißfläche der Abdruckhülse entfernt waren. Andererseits dürfte es immer schwierig sein, derart hoch am Nasenboden verlagerte Objekte mit den kleinformatigen, intraoralen Röntgenbildern bei Anwendung von Filmhaltern ganz zu erfassen.

Das Ergebnis zeigt, daß trotz des Fehlens einiger Bezugspunkte die Lokalisation mit uneingeschränkter Genauigkeit durchgeführt werden kann.

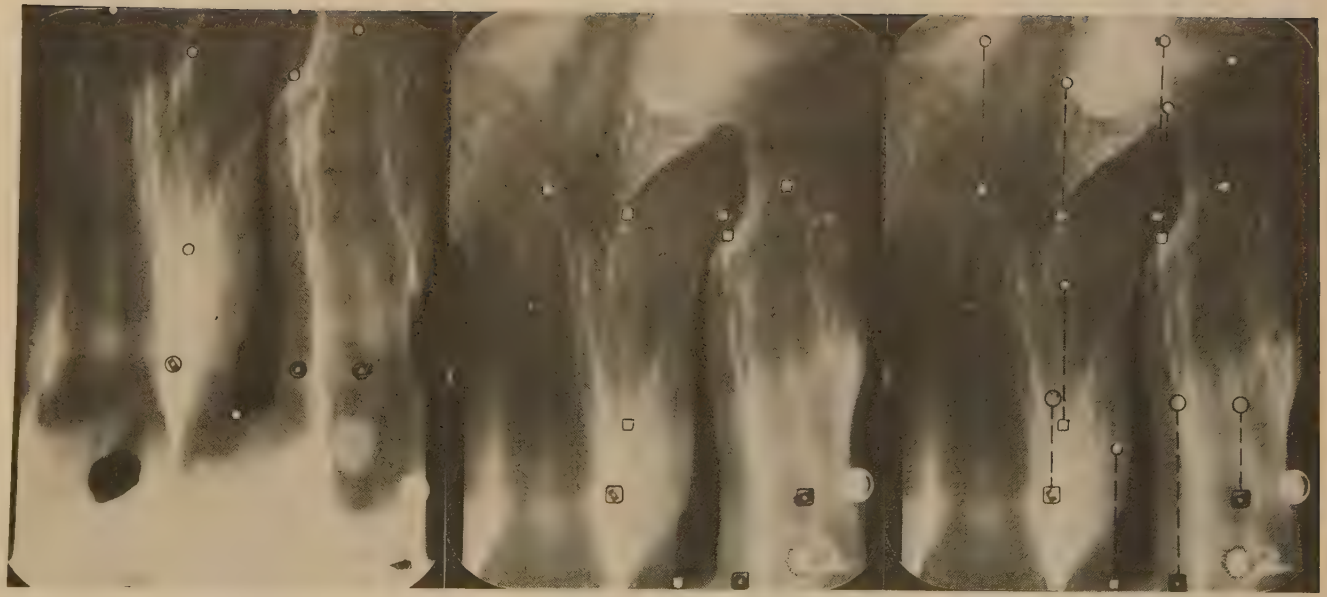

Abb. 18
Fall 7

Fall 8

Patientin W.K. Alter: 11 Jahre

Lokalisationsobjekt: 1/, verlagert

Kiefer: vollbezahnt

Verwendung von Keil und Marken

Marken: buccal 1 Kugelstäbchen, palatinal 1 Stäbchen

Ausgemessene Entfernungen:

	Tiefe	Horizontal	Vertikal
Lokalisationspunkte:			
1) Kronenpunkt:	30,0 mm	35,0 mm	29,5 mm
2) mesiale Schmelz-Zement-Grenze:	28,5 mm	30,5 mm	30,5 mm
3) Wurzelpunkt (Abknickung):	26,0 mm	29,5 mm	28,0 mm
4) Wurzelspitze:	17,0 mm	31,0 mm	36,3 mm
Vergleichspunkte:			
5) mesiale Schmelz-Zement-Grenze 2/:	29,0 mm	31,5 mm	18,0 mm
6) Wurzelspitze 2/ :	23,5 mm	36,5 mm	30,3 mm
7) Wurzelspitze /1 :	31,0 mm	25,0 mm	33,5 mm
Marken:			
8) buccale Marke:	32,5 mm	33,0 mm	24,2 mm
9) palatinale Marke:	18,0 mm	31,5 mm	24,2 mm

Lokalisationsbefund:

Es ist anzunehmen, daß die Wurzel des verlagerten Zahnes nach nasal abgeknickt ist, obwohl das mit Hilfe der röntgenologischen Mittel nicht eindeutig festzustellen ist, da sich die Wurzelspitze nicht mit genügender Deutlichkeit auf dem Röntgenbild abgezeichnet hat.

Die Krone von 1/ liegt bei der Wurzelspitze von 2/, 6,5 mm weiter labial als diese. Der Punkt der Wurzelabknickung von 1/ liegt 2,5 mm weiter labial als die Wurzelspitze von 2/ und 2 mm weiter occlusalwärts. Die angenommene Wurzelspitze von 1/ liegt in der Mittellinie, 6,5 mm weiter palatinal als die Wurzelspitze von 2/, 6 mm höher und 5,5 mm weiter mesial. Vergleichweise liegt die Wurzelspitze von 1/ 14,0 mm weiter palatinal, 6 mm weiter mesial und 2,8 mm höher als die Wurzelspitze von /1. Demnach scheint die Wurzel von 2/ nach palatinal verdrängt zu sein.

Die mesiale Schmelz-Zement-Grenze von 2/ liegt 11,5 mm weiter occlusalwärts als die Krone von 1/ und 1mm weiter palatinal.

Beziehungen zu den Marken:

Die palatinale Marke (Stäbchen) liegt 12,1 mm senkrecht unter der angenommenen Wurzelspitze von 1/ und 1 mm weiter buccal als diese, aber 8 mm weiter palatinal als der Punkt der Wurzelabknickung von 1/ und 12 mm weiter palatinal als der Kronenpunkt von 1/.

Die buccale Marke (Kugelstäbchen) liegt 2 mm mesial von dem Kronenpunkt, 8,5 mm weiter occlusal und 2,5 mm weiter labial.

Anmerkung zur Lokalisation:

In diesem Fall gestaltete sich die Analyse des Röntgenbildes außerordentlich schwierig, da die Lage der Wurzel von 1/ nicht eindeutig feststellbar und damit auch nicht exakt lokalisierbar war. Deshalb mußten der Auswertung Punkte einer nur angenommenen Lage für die unklaren Bezirke zugrunde gelegt werden. Durch die ungenaue Abzeichnung im Röntgenbild sind der Lokalisation Grenzen gesetzt!

Abb. 19
Fall 8

Die Schaffung zusätzlicher Bezugspunkte bringt ausnahmslos Vorteile.

Im Verlaufe der Untersuchungen ist die richtige Anwendungsweise aller Hilfsmittel schrittweise erarbeitet worden.

In Fall 1 zeigen die rekonstruierten Strahlen von 3 Bezugspunkten keine Kreuzungspunkte. Die Ursache ist in den wechselnden Abzeichnungsflächen bei den beiden vertikalen Einstellungen zu suchen. Es wurden mithin keine Punkte, sondern Objektflächen zur Lokalisation herangezogen.

Das Fehlen der Kreuzungspunkte gibt die Situation richtig wieder und läßt bei einer entsprechenden Deutung keine falschen Rückschlüsse zu. Diese Tatsache ist zwar ein Nachteil für die Lokalisation, sie muß aber insofern positiv gewertet werden, als sie die Exaktheit der Methode verdeutlicht und erkennen läßt, welche Vorteile diesem Verfahren gegenüber den bisher empfohlenen eingeräumt werden müssen.

Für die richtige Anbringung der Marken ergab sich die Notwendigkeit, einen genügend großen Abstand zwischen den buccalen Kugeln und der Grundfläche des Abdrucks herzustellen, da sie infolge ihrer filmfernen Lage einer größeren parallaktischen Verschiebung unterliegen und anderenfalls auf der Filmfläche nicht zur Abzeichnung kommen (siehe Fall 4).

Hierzu müssen dünne Abdruckflügel, in deren Innenfläche die Marken einzulagern sind, im Vestibulum mindestens bis zur Gingiva hochgeführt werden.

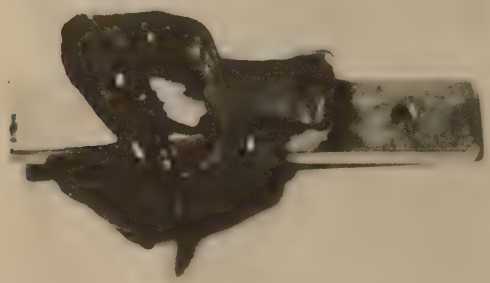

Abb. 20 a

Abdruck mit Marken

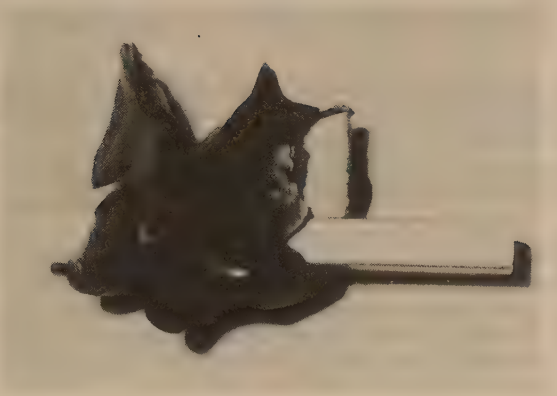

Abb. 20 b

Seitenansicht

Die Erweiterung des Abdruckes erwies sich auch im zahnlosen Kiefer als unerläßlich, in dem die Fixierung des Stentsbisses durch die ungünstigeren anatomischen Verhältnisse erschwert ist.

Es kommt darauf an, alle charakteristischen Oberflächenmerkmale mit einzubeziehen, um das Wiedereinbringen des Abdruckes in die ursprüngliche Situation zu erleichtern. Im Oberkiefer müssen buccal die Einziehungen oberhalb des Kieferkammes erfaßt werden, palatinal im Frontzahngebiet die Rugae palatinale, und im Molarenbereich soll der Abdruck bis zum Tuber maxillae ausgedehnt werden. Diese Erweiterungen müssen die Form dünner Flügel haben, da ein kompakter Stentskloß, den die Röntgenstrahlen in einer Ausdehnung von mehr als 2 cm durchdringen, auf dem Röntgenbild eine Schattenzeichnung hinterläßt, die durch Überlagerung mit wesentlichen Strukturen die Bildanalyse erschweren kann.

Im Unterkiefer ist die Fixierung naturgemäß schwieriger, jedoch kann sie bei Anpassung der Abdruckflügel an die individuellen Gegebenheiten erreicht werden.

Im zahnlosen Kiefer liegen erfahrungsgemäß die impaktierten Zähne häufig dicht unter der bedeckenden Schleimhaut. Infolge der parallaktischen Verschiebung zeichnen sich die der Oberfläche am nächsten gelegenen Kronenanteile auf den Bildern der steileren Projektion nicht mehr ab.

Ein weiteres ungünstiges Moment entsteht dadurch, daß bei der Anfertigung des Stentsbisses der zahnlose Kiefer um den Betrag der fehlenden Kronenhöhe der Basis der Haltevorrichtung näher rückt, so daß die oberflächennahen Partien in größerer Ausdehnung in den toten Winkel fallen.

Dieser Vorgang wird bei Anwendung des Keiles vermieden, dessen Vorteil gerade bei der Lokalisation in zahnlosen Kiefern besonders deutlich zutage tritt.

Die Möglichkeiten der Erfassung eines Untersuchungsbereiches sind durch die Größe der Filmfläche begrenzt.

Sollen hoch im Oberkiefer gelegene Objekte lokalisiert werden, dann muß die Grundfläche des Filmhalters so weit wie möglich diesem Gebiet genähert werden, um die Abzeichnung der Region über den Wurzelspitzen zu erreichen. Da die gleichzeitige Abbildung occlusaler Anteile unter diesen Umständen erst von zweitrangiger Bedeutung ist, erscheint die Verwendung des Keiles hierbei nicht angezeigt (siehe Fall 7).

3. Grenzen und Möglichkeiten

Die Rekonstruktion stellt die räumlichen Lagebeziehungen der Bezugspunkte dar.

Bisher fehlte aber die Vorstellung über die Lage dieser Punkte innerhalb der vestibulären und oralen Begrenzungen durch die Kieferflächen.

Diese wird nun durch die der Schleimhautoberfläche anliegenden Marken vermittelt.

Im Lokalisationsgerät wird der Abstand des Objektes zu diesen Hilfspunkten zur Anschauung gebracht.

Die Ausmessung der Distanzen in 3 Ebenen dient der Objektivierung der Ortsbestimmung. Das Resultat gibt in Millimetern die Lage der Lokalisationspunkte zu den Oberflächen-Marken an, woraus hinreichend genaue Richtlinien für den operativen Eingriff gewonnen werden können.

Ein nochmaliges Einsetzen des die Marken enthaltenden Abdruckes erleichtert die Übertragung des Ergebnisses in die Situation am Patienten.

Im Falle des Fehlens natürlicher Bezugspunkte erweist sich der besondere Vorteil der Orientierungshilfen.

Bei hoch im Oberkiefer verlagerten Zähnen ist die Ermittlung der Distanzen zu den weiter entfernt gelegenen Wurzelspitzen für die genaue Lagebestimmung nicht ausreichend.

Erst die Anbringung von Marken im Bereich der das Objekt einschließenden Kieferpartie stellt den Lokalisationsbefund auf eine sichere Grundlage.

Im zahnlosen Kiefer sind die künstlichen Markierungen die einzigen Hilfsmittel für eine Raumorientierung. Bei Verwendung von Marken stellt die Ortsbestimmung der verlagerten Zähne kein Problem mehr dar.

Hingegen gestaltet sich die Lokalisation von Wurzelresten im zahnlosen Kiefer schwierig, wenn festgestellt werden soll, ob die Radix relicta noch im Bereich des Kieferknochens oder bereits innerhalb des Antrums gelegen ist.

Handelt es sich um eine buccale Wurzelspitze, so kann der Vergleich zu der Antrum-Linie Aufschluß geben. Fröhlich (23) weist ausdrücklich daraufhin, daß sich zur Beurteilung dieser Region nur die Rechtwinkelaufnahme eignet, da sich aus der sonst üblichen Schrägaufnahme überhaupt keine Schlüsse auf die Beziehung der Zahnwurzeln zu der Kieferhöhle ziehen lassen.

Mit der Rechtwinkelaufnahme gelingt es, eine außerhalb des Antrums gelegene Wurzel so darzustellen, daß sie sich unterhalb der Antrumlinie abzeichnet. Bei einer palatinalen Lage des Wurzelrestes kann die Antrumlinie keinen eindeutigen Hinweis auf die Kieferhöhlenbeziehung geben, da sich ihre Abzeichnung aus der tangential von den Strahlen getroffenen latero-basalen Antrumwand ergibt. Derjenige Teil des Kieferhöhlenbodens aber, dem die Radix weiter palatinal am nächsten gelegen ist, kann röntgenologisch nicht mehr erfaßt werden.

Finden nun Orientierungsmarken, die der Schleimhaut im Lokalisationsbereich palatinal anliegen, Verwendung, so läßt sich eine Aussage über die Distanz des Wurzelrestes zu der Gaumenoberfläche machen. Jene Fälle, in denen sich ein palatinaler Wurzelrest noch in der Alveole befindet, können eindeutig aufgeklärt werden.

Liegt der Wurzelrest zwischen Kieferhöhlenboden und Antrumschleimhaut, so kann das Lokalisationsergebnis solange keinen endgültigen Aufschluß geben, als nicht der Durchmesser sämtlicher Gewebe zwischen der medialen Kieferhöhlenwand und der Gaumenschleimhautoberfläche in vestibulo-oraler Richtung bekannt ist. Hierzu wären topographische Ausmessungen dieses Bezirkes erforderlich. Aber selbst die Querschnittsergebnisse von Reihenuntersuchungen können nicht bindend sein, da sowohl die Ausdehnung der Kieferhöhle als auch die Dicke der Gaumenschleimhaut im Bereich der Fettgewebszone individuell verschieden ist.

Das Problem der Lokalisation von Objekten in der Nähe pneumatischer Räume bleibt in solchen Fällen ungelöst und stellt die Grenze des bisher Erreichbaren dar. In allen Fällen aber, in denen der Wurzelrest nicht in Kontakt mit der Kieferhöhle steht und in cranio-caudaler Richtung isoliert vom Antrumboden dargestellt werden kann, gelingt die Aufklärung mit Hilfe der meßbaren Lokalisation.

Sofern die Möglichkeit besteht, daß die Radix relicta frei in der Kieferhöhle liegt, können mehrere Aufnahmen bei verschiedener Kopfhaltung des Patienten die Bestätigung erbringen. Der frei bewegliche Wurzelrest wird bei aufrechter und bei horizontaler Kopflagerung jeweils in anderen Regionen zur Abzeichnung kommen. Sein wechselnder Abstand zu buccalen und palatinalen Marken ist meßbar und erhärtet den Befund.

Eine Grenze für die Lokalisation ergibt sich aus den Einschränkungen der röntgenologischen Darstellbarkeit:

Nur das, was im Röntgenbild differenzierte Schattenintensitätsabstufungen liefert, ist lokalisierbar.

Innerhalb der Versuchsreihe traten in dieser Hinsicht nur in 3 Fällen Schwierigkeitn auf.

Einmal handelte es sich bei einer 18jährigen Patientin um einen verlagerten Milchmolaren, der im Röntgenbild keine klare Zahnkontur aufwies, wodurch die Auswahl der Objektpunkte wesentlich erschwert war. Dennoch ergab die Operation eine mit dem Lokalisationsbefund übereinstimmende Objektlage. Der freigelegte Zahn wies Arrosionen und

Inkrustationen auf, die die diffusen Schattenzeichnungen im Röntgenbild erklärten. Zwei in bucco-palatinaler Richtung hintereinander liegende Wurzeln waren infolge des gleichen Strahlenverlaufs aus den Röntgenbildern nicht diagnostizierbar. Ein Lokalisationsproblem ergibt sich hieraus nicht, weil sich bei der Wahl einer anderen Projektionsrichtung Wurzeln überlagerungsfrei darstellen lassen. Auf diese Weise können auch Frakturen bei geeigneter Strahlenführung entlang den Bruchflächen sichtbar gemacht werden.

In Fall 8 lag keine eindeutige Abzeichnung der Wurzelspitze vor. Es war nicht einwandfrei festzustellen, ob es sich bei der bandförmigen Aufhellung hoch über den Wurzelspitzen der Nachbarzähne tatsächlich um einen Periodontalspalt handelte, oder ob dieser durch Knochenkanäle und umgebendes Spongiosabälkchen nur vorgetäuscht wurden.

Die Abbildungsschärfe der Wurzelkontur wird durch das Ausmaß der seitlichen Wandanteile, zu denen die Röntgenstrahlen orthograd verlaufen, bestimmt. Im limbalen Gebiet sind diese seitlichen Abzeichnungsflächen groß, während die durchstrahlte Spongiosa äußerst spärlich ist. Je mehr sich der Zahn zum Apex hin verjüngt und je mehr die Ausdehnung des Knochens zunimmt, desto geringer wird das bucco-palatinale Ausmaß der Wurzel und desto ungünstiger das Verhältnis zwischen den durchstrahlten Zahn- und Knochensubstanzen.

Die Tatsache, daß die beste Abzeichnung dann erreicht wird, wenn die in der Strahlenrichtung gelegenen seitlichen Wände der Wurzel eine möglichst große Abzeichnungsfläche aufweisen, kommt der Lokalisation mittels wechselnder Projektionen in der Vertikalebene insofern entgegen, als die größtmögliche Ausdehnung der Seitenwände in der Strahlenrichtung bei der orthoradialen Einstellung vorgefunden wird.

Obwohl diese in dem beschriebenen Fall vorlag, kam es zu einer undeutlichen Wurzelabzeichnung, und obwohl eine Lagebestimmung der angenommenen Punkte durchgeführt wurde, kann unter solchen Umständen nicht von einer meßbar genauen Lokalisation gesprochen werden, so lange Unklarheiten auf Grund einer nicht eindeutigen Abzeichnung im Röntgenbild bestehen.

In Fall 6 zeigte die Röntgenaufnahme eine deutliche Schattenverdichtung, die aber weder einen Periodontalspalt noch einen Wurzelkanal aufwies. Sonnabend (68) hat beschrieben, wie selten diese beiden "Röntgenzeichen" aufzufinden sind, wenn es sich darum handelt, einen Wurzelrest von einem sklerosierenden Prozeß abzugrenzen. Die Lokalisation ist hierbei insofern eine Hilfe, als sie eine Radix relicta ausschließen kann, wenn das Gebilde nicht in der gleichen Ebene mit den benachbarten Wurzelspitzen liegt.

Da im allgemeinen das Röntgenbild nur der Erhärtung des klinischen Befundes dienen soll, erscheint es überflüssig, es zu differentialdiagnostischen Zwecken heranzuziehen.

Durch die Ortsbestimmung wird unabhängig von der Natur des lokalisierten Objektes die operative Entfernung erleichtert.

Nachdem Wege zur Überwindung der auftretenden Schwierigkeiten gezeigt wurden, kann zusammenfassend gesagt werden, daß die Lokalisationsversuche einwandfreie Ergebnisse zeitigten.

In allen Fällen, in denen ein chirurgischer Eingriff erfolgte, erbrachte dieser jeweils die Bestätigung des Lokalisationsbefundes.

Vor der Operation kann die zweckmäßigste Schnittführung festgelegt werden. Auf diese Weise gelingt es, das Arbeitsgebiet optimal zu begrenzen.

Es ist zu hoffen, daß dieses Verfahren auch in die tägliche Praxis Eingang finden möge, wenngleich es auch einen Aufwand an Zeit und Mühewaltung erfordert.

Jedoch besteht nicht für jeden Praktiker die Möglichkeit einer schnellen Anfertigung der erforderlichen vergrößerten Bildabzüge.

Deshalb soll hier noch ein Weg zur einfachen r e c h n e r i s c h e n Bestimmung der Tiefenlage von Bezugspunkten angegeben werden:

Die Projektionssituation des Aufnahmeverfahrens ist bekannt.

Da die Ebene, in der die Röhrenverschiebung stattfindet, parallel zur Filmebene steht, kann der Abstand zur Bildfläche für alle Punkte nach einer aus den Strahlensätzen abgeleiteten Gleichung berechnet werden:

Der Abstand der Brennfleckstandorte F_1 F_2 zueinander ist $f = 4,8$ cm, da ihr Abstand von der Filmebene $e = 18$ cm ist und der Achsenstrahl von F_2 im Bildhauptpunkt H einen Winkel von 15^o mit dem Achsenstrahl von F_1 bildet, der parallel zur Grundfläche im Abstand von 2 cm verläuft und senkrecht auf den Bildhauptpunkt trifft.

Der Abstand b zweier Bildpunkte B_1 B_2 ist auf dem Röntgenbild abzumessen.

Zur Berechnung der Tiefenlage x, die das Lot von dem gesuchten Punkt P auf die Filmebene darstellt, ist folgende Gleichung aufzustellen:

$$b : f = x : (e - x) \qquad \text{oder}$$

$$x = \frac{b \cdot e}{b + f}$$

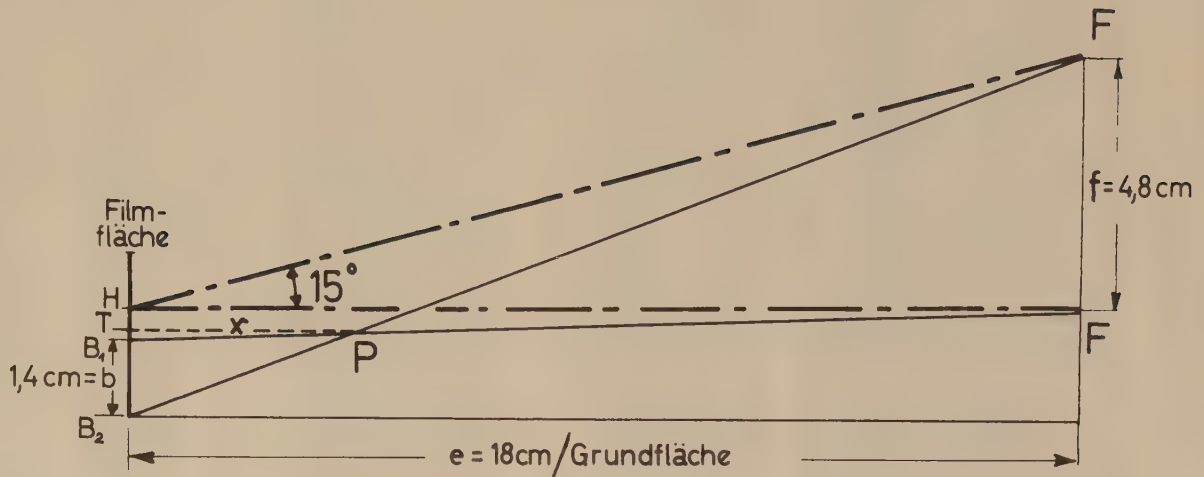

Abb. 21
Konstruktionsskizze zur Erläuterung der rechnerischen Tiefenbestimmung

Zur Erläuterung diene ein Beispiel an Hand der Konstruktionsskizze:

b = 1,4 cm; e = 18 cm; f = 4,8 cm

$$x = \frac{1,4 \cdot 1,8}{1,4 + 4,8} \quad 25,2 : 6,2 = 4,06 \text{ cm} \quad x = 40,6 \text{ mm}$$

Da e und f konstant sind, ist es zur Errechnung der Tiefenlage eines Punktes nur noch erforderlich, die Distanz seiner Bildpunkte b auf dem Röntgenbild nach vorheriger Übertragung abzumessen.

Dieser Wert wird in die Gleichung eingesetzt.

Die rechnerische Bestimmung der Tiefenlage soll für den Praktiker eine Hilfe zur Orientierung über die Lagebeziehungen in vestibulo-oraler Richtung sein. Zur Aufklärung der Zahnachsenrichtung eines verlagerten Zahnes genügt es zum Beispiel, die Tiefenlage seiner Kronenspitze und seiner Wurzelspitze zu errechnen, um eine gute Übersicht zu gewinnen.

In allen Fällen, in denen eine Lageobjektivierung vieler Bezugspunkte angestrebt wird, kann nur die mechanische Rekonstruktion mit dem Lokalisationsgerät zum Ziele führen, da der rechnerische Weg nur bei einer schnellen Lagebestimmung weniger Punkte von Vorteil ist, während sich sein Nachteil der mangelnden Anschaulichkeit mit steigender Punktzahl um so stärker bemerkbar macht.

DISKUSSION

Mit den bisher üblichen Lokalisationsverfahren wurde stets der Versuch unternommen, ohne Zugrundelegung der Aufnahmesituation die Objektlage zu rekonstruieren. Auf diesen Umstand ist die den Verfahren anhaftende Fehlerbreite zurückzuführen.

Wenn Dieck (17) unter Ausnutzung der Divergenz der Röntgenstrahlen eine Aussage über die Tiefenlage eines Zahnes im Vergleich zu seinen Nachbarzähnen auf Grund der unterschiedlichen Größe und Konturenschärfe in der Abzeichnung zu machen versucht, so muß hierzu gesagt werden, daß die Größe des Lokalisationsobjektes unbekannt ist und die Distanzen im Kieferbereich meist zu gering sind, um aufschlußreiche Schattenintensitätsabstufungen zu zeigen.

Hinzu kommt die Tatsache, daß an Hand eines einzigen Röntgenbildes eine genaue Lageermittlung unmöglich ist.

Scherbel (62) strebt die teilweise Festlegung der Aufnahmedaten an, um mit Hilfe einer Rekonstruktionsskizze die Objektlage in vestibulo-oraler Richtung zu bestimmen, obwohl der Brennfleckstandort nicht bekannt ist.

Auch bei den Verfahren von Hauberrisser (27) und Praeger (54) mittels wechselnder vertikaler Röhrenwinkel wird die Ortsbestimmung auf zeichnerischem Wege vorgenommen, ohne daß bei den beiden erforderlichen Einstellungen die gleichen Aufnahmebedingungen eingehalten werden.

Eine Untersuchung dieses Vorgehens führte zu der Feststellung, daß nur dann die Voraussetzungen für eine exakte Lokalisation gegeben sind, wenn es gelingt, die Projektionssituation reproduzierbar zu gestalten. Da aus einem flächenhaften Röntgenbild die räumlichen Lagebeziehungen der abgebildeten Objekte nur durch die Rekonstruktion des Strahlenganges ermittelt werden können, müssen zu diesem Zweck alle Faktoren, die Einfluß auf die Objektabzeichnung haben, innerhalb der Aufnahmesituation eindeutig festgelegt werden, so daß diese unverändert unter den gleichen Bedingungen jederzeit wiederholt werden kann.

Demnach ist die Herstellung periodisch-identischer Röntgenaufnahmen die Grundlage einer exakten Lokalisation.

Diese Forderungen werden mit der von Hielscher entwickelten Lokalisationsmethode erfüllt, da hierbei die Film-, Objekt- und Focus-Beziehungen zueinander durch ein starres System festgesetzt werden, welches keine willkürlichen oder unbeabsichtigten Veränderungen zuläßt.

Mit einer um 15° steileren 2. Projektion werden unter sonst unveränderten Bedingungen die Objektpunkte einer parallaktischen Wanderung unterworfen, und aus den Distanzen der Bildpunkte zueinander werden die räumlichen Lagebeziehungen unter Zugrundelegung der Aufnahme-

situation an einem Lokalisationsgerät rekonstruiert. Zur weiteren Lageobjektivierung werden die Distanzen der Bezugspunkte in vestibulooraler, in mesio-distaler und in cranio-caudaler Richtung ausgemessen. Die Meßergebnisse zeigen die genauen Lagewerte eines Punktes in drei Ebenen an.

Bei der Durchführung der Untersuchungen wurde die Zuverlässigkeit des Verfahrens unter allen Aspekten geprüft. Seine Genauigkeit kann an Hand der erhaltenen Resultate bestätigt werden.

Eine Einschränkung der Lokalisationsmöglichkeiten ergibt sich aus der Abhängigkeit von dem Vorhandensein verwertbarer Bezugspunkte.

Diese Schwierigkeiten, die besonders im Falle der Ortsbestimmung im zahnlosen Kiefer auftreten, konnten durch die Einführung von Orientierungshilfen überwunden werden. Auf den Innenseiten der Abdruckflächen werden Metall-Marken so angebracht, daß sie der vestibulären und oralen Schleimhaut direkt anliegen.

Unabhängig von einem Mangel an natürlichen Bezugspunkten kann nun der Abstand des Lokalisationsobjektes zu der Schleimhautoberfläche und damit seine Lage innerhalb des Kiefers eindeutig bestimmt werden.

Nach vollzogener Rekonstruktion wird dem Betrachter bei der Inspektion des Modelles ein räumlicher Eindruck von der Lage der gesuchten Punkte zu den Oberflächen des Alveolarfortsatzes vermittelt, und diese Anschaulichkeit macht ihn unabhängig von seiner subjektiven Vorstellungskraft.

Im Gegensatz zur zeichnerischen Rekonstruktion können die Lagebeziehungen aller Punkte der gesamten Bildfläche exakt bestimmt werden, und im Gegensatz zu der rechnerischen Ermittlung der Tiefenlage bietet die mechanische Rekonstruktion den Vorteil der Übersichtlichkeit.

Auf Grund des Gesagten ist die Lokalisationsmethode von Hielscher als allen bekannten Verfahren überlegen zu bezeichnen, und zwar sowohl den in Teil I diskutierten älteren, als auch den vereinfachenden Verfahren neuerer Zeit. Sie ist in Bezug auf ihre Genauigkeit der objektiven Stereometrie zur Seite zu stellen, welche durch Hasselwander (26) bis zu ihrem heutigen Stand vervollkommnet wurde, die aber im Rahmen dieser Arbeit als ein komplexes Spezialgebiet keine weitere Erwähnung fand.

Nach sorgfältiger Prüfung der Grundlagen und genauer Untersuchung des Arbeitsganges kann an Hand der einwandfreien Ergebnisse die Aussage gewagt werden, daß es mit Hilfe dieser Lokalisationsmethode gelungen ist, bis an die Grenzen des röntgenologisch Erreichbaren zu gelangen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Überprüfung der bisher angegebenen Lokalisationsmethoden hat ergeben, daß nur wenige Verfahren eine gewisse praktische Bedeutung erlangten.

Die am häufigsten angewendeten Methoden nach Scherbel (27) und Praeger (54) wurden nachuntersucht und kritisch besprochen.

Es galt zunächst zu ermitteln, inwieweit sie den Anforderungen, die an eine exakte Lokalisation gestellt werden müssen, genügen.

Nachdem die Reproduzierbarkeit der Aufnahmesituation als Grundlage jeder objektiven Lagebestimmung gefordert werden muß, ergibt sich zwangsläufig die Feststellung, daß die beschriebenen Verfahren nicht als exakte Lokalisationsmethoden angesehen werden können, da ihnen keine eindeutig definierte Projektionssituation zugrunde liegt. Infolge eines willkürlichen Einsetzens unbekannter Größen bei der Rekonstruktion des Strahlenganges konnten sie keine echten Ergebnisse zeitigen und daher nur der Übersichtsgewinnung dienen.

Die Gegenüberstellung mit der in der Zahn-, Mund- und Kieferklinik der Freien Universität angewendeten Lokalisationsmethode ergab, daß diese im Gegensatz zu den älteren Verfahren den genannten grundsätzlichen Forderungen entspricht, da sie eine genaue Rekonstruktion der Aufnahmesituation gewährleistet und damit eine meßbare Lokalisation ermöglicht.

Im Rahmen einer Versuchsreihe wurde die praktische Anwendbarkeit dieser Methode erprobt.

Sofern sich Schwierigkeiten bei der Durchführung ergaben, konnten sie durch Einfügung von Orientierungshilfen beseitigt werden.

Die Lokalisation wurde durch die Verwendung von vestibulären und oralen Marken wesentlich erleichtert. Mit Hilfe eines einfachen Meßgerätes konnte die Genauigkeit der Ergebnisse weiterhin heraufgesetzt werden. Um dem Praktiker den für die mechanische Rekonstruktion erforderlichen Zeitaufwand zu ersparen, wurde die Errechnung der Tiefenbeziehungen in vestibulo-oraler Richtung aus der parallaktischen Wanderung der Bezugspunkte vorgeschlagen. Die Distanzen der Bildpunkte eines Objektes wurden auf den mit der angegebenen Aufnahmemethode erhaltenen Röntgenbildern abgemessen und in eine einfache Gleichung eingesetzt, deren übrige Werte konstant sind.

Abschließend wurde auf die Bedeutung der Lokalisationsmethode nach Hielscher als ein exaktes Untersuchungsverfahren, welches die mathematischen Grundlagen berücksichtigt, hingewiesen.

Die im Verlaufe der Untersuchungen erwiesene Zuverlässigkeit der Ergebnisse bestätigt, daß die Einhaltung der festgelegten Projektionssituation bei der Rekonstruktion als absolut gesichert gelten darf.

SCHRIFTTUM

1. Albright, G. B.: "The vital importance of correct diagnosis in the removal of impacted upper cuspids."
   Dent. Cosmos 77, 3 : 252, 1935

2. Anspach, K. F.: "Lokalisation von Fremdkörpern und verlagerten Zähnen."
   Zahn-Mund-Kieferhk. i. Vortrg. 16 : 81, 1955

3. Baath, O. Ing.: "Zur röntgenologischen Lagebestimmung von Fremdkörpern."
   Münch. med. Wschr. 63, 47 : 1682, 1916

4. Benkow, H.H.: "Periodisk-identiske, og stereoskopiske intraorale röntgenopptak."
   Norske Tannlaegeforen. Tid. 66, 5 : 239, 1956

5. — "Röntgenografisk lokalisasjon av invisible objekter."
   Norske Tannlaegeforen. Tid. 67, 2 : 43, 1957

6. Berghagen, N. : "Förelöpande meddelande angaende metod för periodisk-identisk röntgenfotografering samt röntgenstereoskopi."
   Svensk Tandläk. - Tskr. 43, 1/2 : 1, 1950

7. Berghagen, N. und Hjelmström, P. : "Intraoral röntgenfotografering i belysning av tredimensionell geometrisk beskrivning."
   Svensk Tandläk. - Tskr. 47, 2 : 134, 1954

8. Borschke, A.: "Über die Einstellung stereoskopischer Zahnfilme."
   Zschr. f. Stomat. 29, 2 : 139, 1931

9. Bosworth, L. L. : "Multiple sectional x-ray exposures on the same film."
   Dent. Cosmos 76, 5 : 589, 1934

10. Brauns, E. : "Die Raumbildbetrachtung als Hilfsmittel in der dentalen Röntgendiagnostik."
    Dent. Reform 54, 11/12 : 189, 1953

11. Caldwell, J. B. : "Preoperative roentgenographic localization of the impacted maxillary canine."
    Oral Surg. & Medic. 7, 5 : 499, 1954

12. Cave, E.H.P. : "A new method of root measurement by x-rays."
    Brit. Dent. J. 50, 5 : 245, 1929

13. Cieszynski, A. : "Beiträge zur Technik bei Zahnaufnahmen mittels Röntgenstrahlen. Neue Filmhalter."
Correspbl. f. Zahnärzte 36, 4 : 289, 1907

14. — "Beiträge zu intraoralen Aufnahmen der Zähne. II. Die topographische Bestimmung retroapikaler Herde."
Fortschr. Röntgenstr. 19, 3 : 206, 1912/13

15. — "Zahnärztliche Röntgenologie und klinische Zahnheilkunde im Röntgenbild."
J.A. Barth, Leipzig, 1926

16. Conod, H.B. : "Radiostéréogrammétrie."
Schwz. Mschr. f. Zahnhk. 53, 7 : 745, 1943

17. Dieck, W. : "Anatomie und Pathologie der Zähne und Kiefer im Röntgenbilde unter besonderer Berücksichtigung der Aufnahmetechnik."
L. Gräfe & Sillem, Hamburg, 1911

18. Eberle, P. : "Über die Herstellung situationsgleicher Röntgenaufnahmen und deren praktische Auswertung."
Med. Dissert., Berlin, 1957

19. Eggert, J. : "Einführung in die Röntgenphotographie."
S. Hirzel, Zürich, 1951

20. Euler, H. : "Über das Verhalten frakturierter, im Kiefer zurückgebliebener Wurzeln."
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 27, 15 : 199, 1924

21. Field, H.J. und Ackermann, A. : "The impacted upper cuspid."
Dent. Cosmos 77, 4 : 378, 1935

22. Freund, L. und Praetorius, A. : "Die Fremdkörperlokalisation mittels der Schirmmerken-Einstellmethode."
Dtsch. med. Wschr. 43, 15 : 459, 1917

23. Fröhlich, E. : "Zähne und Kieferhöhle im Röntgenbild."
Zahn-Mund-Kieferhk. i. Vortrg. 16 : 64, 1955

24. Godwin, J.G. : "Parallel plane method for roentgenographic mensuration and depth localization."
Dent. Items 67, 10 : 939, 1945

25. Haines, B.H. : "Localization of impacted maxillary cuspids."
Dent. Digest 62, 4 : 160, 1956

26. Hasselwander, A. : "Die objektive Streoskopie an Röntgenbildern. Eine diagnostische Methode."
G. Thieme, Stuttgart, 1954

27. Hauberrisser, E. : "Zur röntgenologischen Lagebestimmung dentaler Krankheitsherde und Fremdkörper."
Zahnärztl. Rdsch. 35, 15 : 251, 1926

28. Heuser, H. : "Zahnärztliche Röntgendiagnostik."
J.A. Barth, Leipzig, 1958

29. Hielscher, W. : "Rechtwinkeltechnik bei Röntgenaufnahmen der Zähne."
Röntgen-Labor.-Praxis 8, 12 : 297, 1955

30. — "Situationsgleiche intraorale Röntgenaufnahmen."
Röntgen-Labor.-Praxis 10, 6 : 163, 1957

31. — "Praxisnahe röntgenologische Lokalisationsmethoden."
Zahnärztl. Rdsch. 68, 17 : 426, 1959

32. — "Der Sinus maxillaris im intraoralen Röntgenbild."
Dtsch. Zahn-Mund-Kieferhk. 23, 5/6 : 185, 1955

33. Hodgson, E.S. : "Intra-oral stereoradiographie."
J. Amer. Dent. Ass. 14, 12 : 2173, 1927

34. Hoepfl, M. : "Die objektive Auswertung stereoskopischer Röntgenaufnahmen in der Zahnheilkunde."
Fortsch. Röntgenstr. 57, 5 : 495, 1938

35. Janisch, E. : "Projektionsänderungen als diagnostisches Hilfsmittel bei zahnärztlichen Röntgenaufnahmen."
Zschr. Stomat. 31, 20 : 1309, 1933

36. Jung, T. : "Die Röntgendarstellung der Weisheitszähne."
Zahnärztl. Rdsch. 63, 10 : 285, 1954

37. Kallay, J. : "Röntgennetzverfahren im zahnlosen Kiefer."
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 15, 4 : 447, 1960

38. Korkhaus, G. : "Die Hilfe des Röntgenbildes in der Kieferorthopädie."
Zahn-Mund-Kieferhk. i. Vortrg. 16 : 148, 1955

39. Lacmann, O. : "Die Photogrammetrie in ihrer Anwendung auf nicht topographischen Gebieten. Röntgenphotogrammetrie."
S. Hirzel, Leipzig, 1950

40. Lehnert, S. : "Zur Methodik der Röntgendarstellung des retromolaren Unterkieferbereiches im axialen Strahlengang."
Dtsch. Stomat. 6, 6 : 334, 1956

41. Mandel, L. und Baurmash, H. : "Radiographic localization with periapical film."
New York State Dent. J. 23, 12 : 480, 1957
Referat: Quintessenz, 2 : 1, Referat-Nr.: 1082, 1958

42. Mathis, H. und Hielscher, W. : "An assessment of the latest recording methodes in dental radiography."
Internat. Dent. J. 9, 4 : 493, 1959

43. Mathis, H. und Schächter, H. : "Über die Entfernung retinierter Zähne.
I. Canini retenti seu impacti."
Zschr. Stomat. 34, 21 : 1287, 1936

44. — "II. Dentes sapientiae inferiores retenti."
Zschr. Stomat. 35, 17 : 1136, 1937

45. Mc. Call-Wald : "Handbuch der klinischen dentalen Röntgenologie."
Medica Verlag, Stuttgart, 1954

46. Nitschke, H. und Valyi, E. : "A simple method for the x-ray localization of the upper impacted cuspid."
Oral Surg. & Medic. 11, 9 : 1005, 1958

47. Paatero, Y.V. : "Stereoscopic roentgenograms with a single exposure."
Finska Tandläk. sällsk. Förh. 49, 4 : 239, 1953

48. — Leukakystat stereoroentgenkuvissa."
Finska Tandläk. sällsk. Förh. 52, 1 : 5, 1956

49. Parma, C. : "Zahnärztliche Röntgendiagnostik."
Urban & Schwarzenberg, Berlin/Wien, 1929

50. — "Die Stereoskopie in der Zahnheilkunde."
Zschr. Stomat. 28, 12 : 1172, 1930

51. — "Intraorale Stereoskopie."
Zschr. Stomat. 32, 21 : 1231, 1934

52. — "Irrtümer der Projektion."
Zschr. Stomat. 35, 5 : 347, 1937

53. Pordes, F. : "Die radiographische Darstellung der einzelnen Zähne und Kiefer."
Urban Schwarzenberg, Berlin/Wien, 1919

54. Praeger, W. : "Beiträge zur Technik der zahnärztlichen Röntgenphotographie."
Zahnärztl. Rdsch. 35, 36 : 613, 1926

55. — "Über stereoskopische Röntgenaufnahmen, besonders intraorale Raumbilder."
Correspbl. f. Zahnärzte 54, 2 : 41, 1930

56. — "Über die Lokalisation des unteren Weisheitszahnes."
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 41, 12 : 273, 1938

57. — "Der Wert von Aufnahmen desselben Objektes aus verschiedenen Richtungen."
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 42, 28 : 656, 1939

58. von Reckow, J.F. : "Die Lehren der Zahnröntgenaufnahmen für die Praxis."
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 10, 5 : 334, 1955

59. von Reckow, J.F. : "Fehler beim Röntgen und Irrtümer bei der Deutung des Röntgenbildes."
Zahn-Mund-Kieferhk. i. Vortrg. 16 : 90, 1955

60. Robinsohn, J. : "Odonto-Diagnostographie."
Zschr. Stomat. 11, 9 : 348, 1913

61. Rohrer, A. : "Röntgenologische Untersuchungen verlagerter Eckzähne."
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 31, 9 : 377, 1928

62. Scherbel, H. : "Eine einfache Meßmethode bei zahnärztlichen Röntgenaufnahmen."
Zschr. Stomat. 21, 6 : 343, 1923

63. Schilling, F. : "Neue geometrische Methoden der röntgenologischen Fremdkörper-Lokalisation."
Fortschr. Röntgenstr. 25, 1 : 32, 1917/18

64. Schinz-Baensch-Friedl : "Lehrbuch der Röntgendiagnostik."
Bd. I., G. Thieme, Stuttgart, 1951

65. Schönbauer, F. : "Zahnretention und ihre Behandlung."
Zschr. Stomat. 48, 4 : 222, 1951

66. Schuricht, H. : "Das intraorale Röntgenbild der Oberkieferhöhle."
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 37, 18 : 401, 1934

67. Simpson, C.O. : "Radiodontic examination with special reference to localization of unerupted teeth."
Dent. Items 41, 10 : 748, 1919

68. Sonnabend, E. : "Radix relicta."
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 10, 2 : 105, 1955

69. — "Das Röntgenbild in der zahnärztlichen Praxis."
R. Pflaum, München, 1958

70. Weski, O. : "Die röntgenologische Lagebestimmung von Fremdkörpern, ihre schulgemäße Methodik."
F. Enke, Stuttgart, 1915

Herrn Professor Dr. H. Mathis möchte ich für die freundliche Überlassung des Themas und für seinen stets hilfsbereiten Rat besonderen Dank sagen.

Herrn Dozent Dr. W. Hielscher bin ich für die hilfreiche Unterstützung bei der Durchsicht der Arbeit und für seine wertvollen Hinweise zu großem Dank verpflichtet.

Herrn P. Schröder danke ich für die Anleitung zu photographischen Arbeiten und für die Anfertigung der Zeichnungen.

Lebenslauf

Als einziges Kind des Zahnarztes Dr. Martin Köhnke und seiner Ehefrau Margarete geb. Braun wurde ich am 21. Oktober 1935 in Berlin geboren.

Im Jahre 1941 wurde ich eingeschult und besuchte bis zum Jahre 1943 die Richard-Wagner-Schule. Die anschließende Evakuierung brachte einen dreimaligen Wechsel der Volksschule mit sich. Nach meiner Rückkehr nach Berlin im Februar 1945 trat ich im September des gleichen Jahres in die damalige Fürstin-Bismarck-Schule, jetzige Ricarda-Huch-Schule ein, an der ich nach Absolvierung der 13. Klasse am 12. März 1954 die Reifeprüfung ablegte.

Am 25. Mai 1954 wurde ich an der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Nach dem Sommersemester 1954 ließ ich mich auf die Fachrichtung Zahnmedizin umschreiben.

Nach 3-semestrigem Fachstudium legte ich am 30. April 1956 die zahnärztliche Vorprüfung ab. Im Rahmen der Neuen Studienordnung belegte ich 5 klinische Semester, nach deren Beendigung ich mich zum Staatsexamen meldete, das ich am 3. März 1959 bestand.